

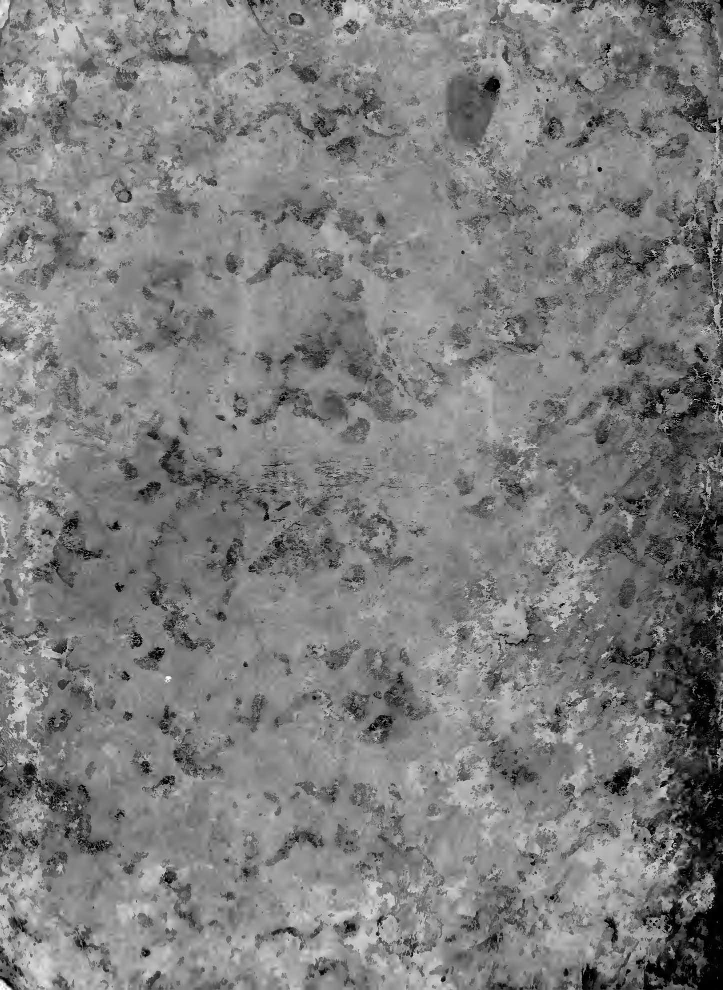









A 039(a)/467
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Biblioteca
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
600704325
i 25591824



OEUVRES
DE
M. MARIOTTE,
DE L'ACADEMIE ROYALE
DES SCIENCES;

COMPRENANT

Tous les Traitez de cet Auteur, tant ceux qui avoient déja paru ſéparément, que ceux qui n'avoient pas encore été publiés;

Imprimées ſur les Exemplaires les plus exacts & les plus complets;

Revûes & corrigées de nouveau.

NOUVELLE ÉDITION.

TOME PREMIER.



A LA HAYE,
Chez JEAN NEAULME,
M, DCC, XL.

AVIS
AU LECTEUR.



MOn deſſein n'eſt pas de vous entretenir ici au long de l'eſtime que les perſonnes de bon goût en matière de Philoſophie ont toûjours faite des Ouvrages de Mr. *Mariotte*; puiſque c'eſt ce qui paroît aſſez par l'avidité avec laquelle on a reçû de tems en tems toutes les Piéces qu'il a publiées, & par la rareté des Exemplaires, nonobſtant les diverſes Editions qu'on en a faites. Encore moins m'arrêterai-je à faire voir qu'en ceci on n'a fait, après tout, que lui rendre juſtice, comme il ne ſeroit pas difficile de le montrer; ſoit que l'on conſidére la nature, la varié-té, & l'utilité des choſes qui ſont traitées dans ces Piéces, ſoit que l'on faſſe attention à la méthode & à la nature des Preuves dont il ſe ſert pour les établir; je veux dire les Démonſtrations de Mathématique & les raiſonnemens fondés ſur les Expériences, les ſeuls fondemens ſur leſquels on puiſſe bâtir quelque choſe de ſolide & de vrai en matière de Phyſique, comme il le dit très-bien dans ſon *Eſſai de Logique*, & comme l'ont reconnu après lui pluſieurs habiles Philoſophes modernes. Paſſant toutes ces choſes ſous ſilence, & les laiſſant au jugement du Public; pour rendre uniquement raiſon de cette Edition, je

dirai que toutes ces conſidérations, jointes aux ſollicitations de diverſes perſonnes, qui aiment la bonne Philoſophie, & au déſir que j'ai de ſatisfaire aux empreſſemens des Curieux , n'ont pas eu de peine à me déterminer à donner un Recueil des différens Traitez ou Ecrits de notre Auteur, leſquels ne s'étoient trouvés juſqu'ici que ſéparément.

Pour le rendre le plus complet qu'il a été poſſible, nous avons pris garde à deux choſes. La première, d'y faire entrer toutes les Piéces de notre Auteur: celles qui avoient paru déja ſous ſon nom, comme ſont les dix premières Piéces, marquées de ſuite à la fin de cette Préface: celles qui avoient été publiées Anonymes, comme l'*Eſſai de Logique*; Piéce dont bien des gens ignoroient le véritable Auteur; mais qui aſſûrément doit être attribuée à Mr. *Mariotte*, comme il le dit lui-même dans ſon Traité du *Mouvement des Eaux* à la page 384 & 386 de cette Edition, & comme il eſt d'ailleurs aiſé de le reconnoître par la parfaite conformité du ſtyle, des Principes, des Hypothèſes, & de la manière de raiſonner de cet Ecrit avec ceux de ſes autres Ouvrages: enfin, celles qui n'avoient pas encore été publiées, comme le *Traité du Mouvement des Pendules*. La ſeconde choſe à laquelle nous avons pris garde, ç'a été de collationner entr'elles les diverſes Editions, & de faire imprimer les Piéces qui avoient déja paru, ſur les Editions les plus complettes & les plus exactes: Comme le *Traité de la Percuſſion ou Choc des Corps*, ſur la troiſième Edition de Paris de 1679, qui pour l'exactitude & l'augmentation a un avantage très-conſidérable ſur la ſeconde: Les *Diſcours ſur les Plantes, la Nature de l'Air, & le Froid & le Chaud*, ſur

ſur l'Edition de Paris de 1676 & 1679 : Le *Traité des Couleurs*, ſur celle de Paris de 1686 : Le *Traité du Mouvement des Eaux*, ſur l'Edition de Paris de 1690, publiée par Mr. de la Hire : Les *Régles des Jets d'eau*, ſur l'Edition qui s'en trouve dans le *Recueil des Ouvrages de Phyſique & de Mathématique de Mrs. de l'Académie des Sciences*, in Folio, à Paris 1693 : La *Nouvelle Découverte touchant la Vûë*, ſur celle qui s'en trouve dans le Recueil de pluſieurs traitez de Mathématique de l'Académie Roïale des Sciences, en grand Folio, à Paris de l'Imprimerie Roïale 1679 : Le *Traité du Nivellement*, ſur l'Edition qui s'en trouve dans le même Recueil, laquelle pour l'augmentation & l'exactitude ſurpaſſe de beaucoup l'Edition précédente : Les *Expériences ſur les Couleurs & la Congélation de l'Eau*, ſur ce qui en a paru en l'an 1672 & 1682 : *L'Eſſai de Logique*, ſur l'Edition de Paris de 1678 : Et pour ce qui eſt du *Traité du Mouvement des Pendules*, qui n'avoit point encore paru, nous l'avons fait imprimer ſur le Manuſcrit Original de l'Auteur, qui, comme on le voit par la Lettre miſe à la tête de ce Traité, l'envoïa au célébre Mr. *Huygens*, qui à ſa mort le légua, avec bon nombre d'autres Manuſcrits rares, à la Bibliothéque de l'Univerſité de *Leide*, d'où on me l'a communiqué à la prière que j'en avois faite à Meſſieurs les Curateurs de l'Univerſité, & en particulier les Bourguemaîtres de la Ville de Leide.

A l'égard de l'ordre dans lequel nous avons diſpoſé ces différens Traitez, & qu'on peut voir dans la Table miſe à la tête de ce premier Volume; nous avons jugé à propos de faire précéder les plus gros & les plus conſidérables, & de réſerver pour la fin ceux qui l'étoient moins, ſans avoir aucun

égard au tems auquel ces différens Traitez ont paru. Il est vrai que l'ordre sembloit exiger qu'on mît l'*Essai de Logique* à la tête, comme étant un Livre qui contient les premiers Principes des Sciences, & sur-tout de celle à laquelle Mr. *Mariotte* s'étoit appliqué. Mais c'est ce qui s'est trouvé impossible, parce que nous n'avons appris que cette Piéce, qui étoit sans nom d'Auteur, étoit de lui, qu'après l'impression de plusieurs autres Piéces de sa façon. Et en tout cas, s'il y a en ceci du défaut, on peut dire qu'il est très-petit; & que tout autre qui en auroit été informé à tems, en auroit usé comme nous avons fait: car, quoique ce Traité ne ressemble point du tout, ou très-peu, aux autres Traitez de ce genre, qui, si vous en exceptez cette partie qu'on nomme la Méthode, ressemblent plûtôt à des Métaphysiques qu'à des Traitez qui contiennent les Principes des Sciences; néanmoins, comme le titre d'*Essai de Logique* est un préjugé peu favorable pour un livre, ou du moins que bien des gens le regardent comme tel, il est certain que c'est une raison suffisante pour le mettre dans l'endroit où nous l'avons placé, c'est-à-dire, après toutes les Piéces de Méchanique & d'Expériences.

Pour la Correction; nous osons dire que nous n'avons rien négligé pour rendre à cet égard cette Edition la plus exacte qu'il a été possible. Nous avons eu soin d'emploïer pour cet effet des Personnes qui entendent non-seulement la bonne Orthographe, mais même les matières contenues dans ces différens Traitez; ce qui étoit d'autant plus nécessaire, que d'un côté, c'est de l'intelligence des choses que dépend la bonne ponctuation, comme c'est de la bonne ponctuation

que

que dépend en partie la clarté d'un Ecrit ; & de l'autre, que les Editions qui avoient paru jusques ici, étoient mal orthographiées, mal ponctuées, & qu'il y avoit encore plusieurs fautes de Calculs Numériques & Algébriques qui avoient besoin d'être redressées, comme on pourra s'en convaincre, pourvû qu'on veuille se donner la peine de comparer entr'autres les calculs de la page 648 & suivante avec ceux de la vieille Edition. Ce que nous venons de dire, se doit aussi entendre des Figures, qu'on a de même fait graver le plus exactement qu'il a été possible, en les faisant corriger & redresser par des Personnes très-habiles & qui s'y entendent.

Pour plus grande commodité, aussi-bien que pour rendre cette Edition plus belle, on a mis les Propositions & les autres choses les plus dignes de remarque, en caractéres Italiques, au lieu que dans les Editions précédentes elles étoient la plûpart en caractéres Romains. Dans les Traitez des *Plantes*, de la *Nature de l'Air*, & du *Chaud & du Froid*, on a mis des sommaires à la marge, afin que d'un coup d'œil on puisse voir le contenu des différens Paragraphes, & si l'on n'a pas fait la même chose dans les autres Traitez, c'est qu'on n'a pas jugé que cela fût nécessaire, les choses y étant assez distinguées par les Propositions ou autrement. L'on a mis à la fin de cet Ouvrage un Indice de toutes les Matières qui y sont contenues selon l'ordre & la suite de l'impression, afin que non-seulement on puisse tout d'un coup se former une idée générale du contenu de ce Livre, mais aussi qu'on puisse en tems & lieu trouver chaque matière dont on a besoin. Et enfin on a choisi un papier conforme à la beauté du caractére, & l'on a divisé tout l'Ouvrage en deux

Tomes, pour prévenir la pesanteur du Volume.

Au reste, je ne crois pas qu'il soit nécessaire de rendre ici raison pourquoi l'on a mis dans la *Nouvelle Découverte touchant la Vûë*, les Lettres de Mrs. *Pecquet* & *Perrault*, qui sont des piéces étrangéres. On voit assez que, les Lettres de Mr. *Mariotte* étant des réponses qu'il leur a faites, la raison vouloit qu'on les y joignît, afin de faciliter d'autant plus l'intelligence de ces derniéres.



TABLE

TABLE

DU CONTENU ET DE L'ORDRE DES

OUVRAGES

DE Mr. MARIOTTE.

TOME PREMIER.

TABLE

TABLE

DU CONTENU ET DE L'ORDRE DES

OUVRAGES

DE Mr. MARIOTTE.

TOME SECOND.

TRAI-

TRAITÉ
DE LA
PERCUSSION
OU CHOC
DES CORPS,

DANS LEQUEL LES PRINCIPALES Régles du mouvement ſont expliquées, & démontrées par leurs véritables cauſes.

NOUVELLE EDITION,

Revuë & Augmentée de pluſieurs Propoſitions touchant l'accélération du mouvement des Corps qui tombent.

DIVISÉ EN DEUX PARTIES.

Par Mr. MARIOTTE,

De l'Académie Royale des Sciences.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

PREMIÈRE PARTIE.

DÉFINITIONS.

I.

Corps flexible à ressort est celui qui aiant changé de figure, par le choc ou par le pressement d'un autre corps, reprend de soi-même sa première figure; comme un ballon plein d'air bien pressé, un anneau d'acier trempé, une corde de boyau tendue fermement.

II.

Corps flexible sans ressort est celui qui aiant pris une nouvelle figure par le choc ou par le pressement d'un autre corps, conserve cette figure; comme la cire, la terre-glaise médiocrement imbibée d'eau.

III.

Vîtesse respective de deux corps est celle avec laquelle ils s'approchent, ou s'éloignent l'un de l'autre, quelles que soient leurs vîtesses propres; comme si le corps A est éloigné de quatre pieds du corps B, & que dans le tems d'une seconde le corps A parcoure l'espace AC d'un pied, & le corps B l'espace BC de trois pieds, chacun avec une vîtesse uniforme, la vîtesse propre du corps A sera AC, ou 1, & celle du corps B, BC ou 3; mais leur vîtesse respective selon laquelle ils se rencontrent au point C, sera AB ou 4: & en quelque autre lieu qu'ils se rencontrent, soit que tous deux soient en mouvement, soit que l'un d'eux soit en repos, leur vîtesse respective sera toûjours dite la même, si étant à une distance de quatre pieds l'un de l'autre lors qu'ils commencent à se mouvoir, ils se rencontrent dans le même tems d'une seconde. TAB. I. *Fig.* 1.

SUPPOSITIONS.

I.

Un corps étant mis en mouvement, continuera toûjours son mouvement de même part avec la même vîtesse, s'il n'est empêché par la rencontre d'un autre corps, ou par quelque cause.

Cette Supposition est reçûe par plusieurs sçavans Géométres; & l'expérience qui la peut confirmer, est de donner un mouvement en rond à un pendule de seize ou dix-sept pieds, après avoir éloigné son plomb de son point de repos de huit ou dix pieds: car ce plomb tournera assez lentement, & quoi que l'air lui résiste, & que sa pesanteur le pousse vers son point de repos, il ne laissera pas, s'il pèse environ une livre, de parcourir l'espace de plus de 700 toises en 400 tours, & de continuer encore son mouvement assez long-tems; ce qui peut faire juger que sans ces empêchemens il continueroit toûjours à se mouvoir de même. Il ne faut point croire que le ressort de l'air soit la cause de la continuation du mouvement, en s'étendant en rond depuis la partie antérieure du corps poussé, jusques à sa partie postérieure: car l'air qui est poussé en avant & à côté par un corps qui se meut, fait agir son ressort vers les mêmes parties; & celui qui suit le corps immédiatement, est l'air qui lui étoit contigu avant le mouvement, comme on le peut juger, lors qu'on laisse tomber de deux ou trois pieds de hauteur une petite balle de plomb dans un seau d'eau; car cette balle aiant percé l'eau, entraîne après soi le même air qui la suivoit, & on le voit s'élever en petites bulles rondes vers le haut de l'eau, aussi-tôt que la balle a touché le fond: ce qui fait connoître que la partie du corps fluide qui est poussée en avant par un corps qui se meut, ne vient point ensuite les choquer par derrière.

II.

Les corps qui sont poussés de bas en haut par des forces différentes, s'élevent à des hauteurs différentes; & ces hauteurs sont entre elles comme les quarrez des vîtesses avec lesquelles ces corps ont commencé à s'élever. Et réciproquement les corps qui tombent de différentes hauteurs par leur propre poids sur une même surface horisontale, rencontrent cette surface avec des vîtesses différentes, dont les quarrez sont l'un à l'autre comme ces hauteurs. Par exemple, si un corps poussé de bas en haut commençant à se mouvoir avec une certaine vîtesse, s'éleve à un pied de hauteur; il s'élevera à quatre pieds, si étant poussé plus fort il commence son mouvement avec une vîtesse double de la première; & commençant son mouvement avec une vîtesse triple de la première, il s'élevera à neuf pieds.

III.

TAB. I. Fig. 2. *Si un corps comme B, suspendu à un fil AB, est poussé perpendiculairement de bas en haut, & qu'il s'éleve à une hauteur comme BD; lors qu'il sera*

sera poussé horisontalement, en sorte qu'il commence son mouvement avec la même vîtesse, il s'élevera à la même hauteur en C, par l'arc B C, la ligne C D étant supposée horisontale. Et s'il retombe, soit par la perpendiculaire D B, soit par l'arc C B, il reprendra au point B une vîtesse égale à celle qui l'avoit fait élever en C, ou en D.

Cette supposition & la précédente sont assez bien établies par *Galilée* & par plusieurs autres Géometres, si l'on fait abstraction de la résistance de l'air & des autres empêchemens; & elles sont conformes aux expériences à fort peu près, nonobstant la résistance de l'air; mais, on les prend ici dans la précision exacte pour rendre les démonstrations plus intelligibles.

IV.

Les petits battemens d'un pendule se font en des tems sensiblement égaux, quoi que son plomb décrive des arcs inégaux; mais pour la facilité des démonstrations, on suppose ici que ces tems sont précisement égaux.

PROBLEME.

PROPOSITION I.

Faire que deux corps se rencontrent directement avec des vîtesses qui soient l'une à l'autre en telle raison que l'on voudra.

POUR exécuter facilement ce Problême, il faut avoir une machine semblable à celle qui est représentée dans la 3 Figure.

ABC est une piéce de bois triangulaire posée de manière que la ligne BC soit parallele à l'horison. La surface ABC est plane & polie, de cinq ou six pieds de hauteur, & perpendiculaire à l'horison. DE est une ligne en cette surface, parallele à BC, d'environ deux ou trois pouces de longueur, divisée également au point F. DI, FK, EL, sont des lignes tracées sur la surface ABC, perpendiculaires à DE, égales entre elles, & de quatre ou cinq pieds de longeur. On plante deux cloux aux points D, & E, & l'on y atache deux filets où sont suspendues deux boules de terre-glaise médiocrement molle, le tout en sorte, que si l'on imagine les trois lignes IH, K*d*, LG, de quatre pouces chacune, être élevées perpendiculairement sur la surface ABC, les points H & G soient les centres des boules suspendues, & le point *d*, celui où elles se touchent étant en repos, lorsqu'elles sont égales. LM, IN, sont deux arcs de cercle de 30 degrez chacun, dont les lignes DI, EL, sont les demi-diamétres. Ces arcs seront divisés par degrez depuis les points I & L, & les divisions seront marquées par de petites lignes inclinées aux centres D & E, comme la ligne XY. On peut prendre cette surface ABC dans un mur de pierre de taille ou de plâtre, &c. selon la commodité qu'on en

TAB. I. Fig. 3.

TAB. I. Fig. 4. aura. La manière dont les boules que nous appellerons G&H, sont atachées aux filets, est représentée par la Figure marquée 4, en laquelle le point O représente le centre de la boule. RS est un petit morceau de bois ataché au filet de suspension, à l'entour duquel on accommode la terre-glaise en boule selon les dimensions nécessaires, afin qu'elle puisse être soûtenue par le filet & conserver sa figure ronde. SPT est un petit filet ataché au morceau de bois, & passant à travers la partie SP de la boule, afin que le petit bout PT, qui passe au delà, puisse servir pour éloigner aisément les boules l'une de l'autre, & pour les pouvoir laisser aller l'une contre l'autre en même tems.

Ces choses étant ainsi disposées, on tirera par le moïen du petit filet PT, l'une des boules comme G, jusques à ce que son centre soit vis-à-vis du point qui marquera le degré qu'on aura choisi comptant les degrez depuis le point L. Par exemple, si l'on veut prendre douze degrez, & que le point X marque le douzième degré, on élevera le centre de la boule G, jusques à ce qu'il soit à la hauteur de ce point; ce que l'on connoîtra, si l'on a un carton taillé en quarré long, qui ait été plié en sorte qu'on ait fait toucher deux de ses points extrêmes, comme α & θ, & qu'en suite on lui ait fait prendre une figure comme $\alpha\beta\theta\delta$; car la partie $\alpha\beta\theta$ étant posée sur une surface plane, la ligne droite $\beta\gamma\delta$, faite par le ply, sera perpendiculaire à cette surface. Si donc on pose le point β sur le point X, la ligne $\beta\gamma$ étant égale & parallele à la ligne LG, qui est la distance des filets de suspension jusques à la surface ABC, & qu'on éleve la boule G, jusques à ce que son filet de suspension touche le point γ, on connoîtra deux choses: La première, que le centre de la boule sera vis-à-vis du point X, & par conséquent autant éloigné de son point de repos, que le point X l'est du point L: La seconde, que ce même centre, qui est aussi supposé le centre de pesanteur de la boule, conservera toûjours en tombant la même distance LG, jusques à la surface ABC.

TAB. I. Fig. 5.

Or si XZ est perpendiculaire à EL, la ligne LZ sera le sinus verse de l'arc LX; si l'on veut que l'autre boule H choque la boule G, au point d, avec une vîtesse double, il faut prendre la ligne Ia, quadruple de LZ, & trouver par les tables des sinus, l'arc qui correspond au sinus verse de cette grandeur, qui sera Ie, si la ligne ae est perpendiculaire à DI. Il faut en suite tirer la boule H, jusques à ce que son centre soit vis-à-vis du point e, par le moïen du carton $\alpha\beta\theta\delta$. Alors si l'on tient les deux boules en ces situations par le moïen des petits filets représentés par la ligne PT, & qu'on les laisse aller en même tems, elles se rencontreront au point d, en sorte que la boule H aura immédiatement avant le choc une vîtesse double de celle de la boule G; ce qui se prouve en cette sorte.

TAB. I. Fig. 4.

D'autant que le sinus verse Ia est quadruple du sinus verse ZL, la vîtesse acquise par la chûte de la boule H, de la hauteur aI, seroit dou-

double de la vîteſſe acquiſe par la boule G, de la hauteur L Z, par la ſeconde ſuppoſition. Mais par la troiſième ſuppoſition les vîteſſes acquiſes par les mêmes boules dans leurs chûtes par les arcs *e* I, X L, depuis les points *e* & X, ſont égales aux vîteſſes acquiſes par les mêmes boules dans leurs chûtes perpendiculaires *a* I, Z L. Donc la vîteſſe de la boule H, lors que ſon centre ſera arrivé à ſon point de repos, ſera double de celle de la boule G, lorſque ſon centre ſera auſſi arrivé à ſon point de repos. Et parce que ces centres arrivent en même tems à leurs points de repos par la quatrième ſuppoſition, & qu'en ce même inſtant les boules ſe chocquent au point *d*; il s'enſuit qu'à l'inſtant qui précéde immédiatement l'inſtant de leur choc, la vîteſſe de la boule H ſera double de la vîteſſe de la boule G. Que ſi l'on veut que la boule H choque l'autre avec une vîteſſe triple; on prendra au lieu des arcs I *e*, L X, deux autres arcs tels que le ſinus verſe de l'un ſoit neuf fois plus grand que celui de l'autre. Et par les mêmes raiſons ſi on éleve les boules juſques aux extrémitez de ces arcs, & qu'on les laiſſe aller en même tems; la vîteſſe de l'une ſera triple de la vîteſſe de l'autre immédiatement avant le choc. On fera de même dans les autres proportions.

Pour éviter la peine de chercher les ſinus verſes dans les tables, il ne faut que prendre les arcs en la proportion qu'on veut avoir les vîteſſes; car par ce moïen on approchera ſi près de la juſte proportion que la différence en ſera inſenſible, quand les arcs n'excédent pas 15 degrez: comme ſi l'arc L X étoit de 6 degrez, I *e* ſeroit de 12 degrez une minute; c'eſt-à-dire $\frac{1}{720}$ de plus que ſi l'on avoit prit préciſément un arc de 12 degrez; ce qui ne feroit qu'environ $\frac{1}{5}$ de ligne, ſi la longueur du pendule n'étoit que de quatre pieds, qui eſt une différence qu'on peut facilement ſuppléer en mettant le point β du petit carton un peu plus haut que la petite ligne qui marque le degré, ſelon l'eſtime qu'on en pourra faire à peu près.

De même, quoi que la chûte par un arc de 12 degrez ſe faſſe en un tems un peu plus grand que par un arc de 6 degrez, & que cela doive faire rencontrer les boules ailleurs qu'en leur vrai point de repos, la différence n'en eſt pas conſidérable; parce qu'elle ne ſera au plus que de l'épaiſſeur d'une feüille de papier: ce qui n'empêche pas une exactitude ſuffiſante dans les expériences qu'on fera avec ces boules; & même ce défaut pourra être recompenſé ſuffiſamment ſi on éleve la boule qui décrit le plus petit arc, à un quinzième de ligne à peu près, plus haut que la ligne qui le marque.

On ſuppoſe donc pour rendre les démonſtrations exactes dans les propoſitions ſuivantes, que les arcs ſont préciſément dans les mêmes proportions que les vîteſſes acquiſes par les boules en deſcendant par ces arcs juſques à leurs points de repos. Mais en faiſant les expériences, il faudra conſidérer que l'arc doit être un peu plus que double, pour don-

donner une vîteſſe double ; & ainſi dans les autres proportions.

Il faudra encore conſidérer que les plombs des pendules ne remontent jamais ſi haut que le point d'où ils ſont deſcendus, à cauſe de la réſiſtance de l'air & des autres empêchemens ; mais que quand les arcs n'excédent pas 12 ou 15 degrez, la différence n'eſt pas beaucoup conſidérable.

Il ne faut pas auſſi ſe mettre en peine ſi les diſtances des centres des boules juſques à leurs points de ſuſpenſion, ne ſont pas préciſément de la longueur des demi-diamétres DI, EL ; car cela n'empêchera pas que les arcs décrits par les boules ne ſoient toûjours d'autant de degrez, & dans les mêmes proportions. Mais il faut obſerver le plus exactement qu'on pourra, que ces centres ſoient à même hauteur, comme auſſi les points de ſuſpenſion des boules.

Il eſt encore manifeſte par l'expérience, que les boules de terre-glaiſe ſe choquant s'atachent l'une à l'autre, quand elles ſont médiocrement molles, & on le ſuppoſe dans les expériences qui doivent être faites avec ces boules.

Si les boules ſont inégales, elles ne ſe touchent pas au point *d*, lorſqu'elles ſont en repos ; mais en changeant un peu leur figure ronde, on pourra les y faire toucher. Que ſi l'on veut conſerver leur figure ronde, il y faudra ajoûter un peu de terre, & faire en ſorte que lorſqu'elles ſeront en repos, elles ſe touchent préciſément.

Que ſi on veut faire choquer deux boules avec des vîteſſes égales ou différentes, qui faſſent la même vîteſſe reſpective, il faut prendre un arc comme L X, pour la vîteſſe reſpective, qu'on apellera de 12 degrez ſi l'on veut.

Or ſi l'on éloigne les deux boules de ſix degrez chacune, de leur point de repos, & qu'on les laiſſe aller en même tems, elles ſe choqueront avec la même vîteſſe reſpective de 12 degrez. La même choſe arrivera ſi l'on prend 4 degrez d'un côté, & 8 de l'autre, ou 16 degrez, & 4 degrez d'un même côté, & de même en toutes les autres proportions, pourvû que la ſomme des degrez des deux arcs ſoit toûjours la même quand ces mouvemens ſont oppoſés, ou que leur différence ſoit la même, quand ils ſont d'un même côté : car par la 4 ſuppoſition, les boules ſe rencontreront toûjours dans un même intervalle de tems, à compter depuis le commencement de leurs chûtes, juſques au moment que leurs centres arrivent à leurs points de repos, auquel moment elles doivent ſe rencontrer, & leurs vîteſſes propres ſeront toûjours entre elles de même que ſi elles étoient repréſentées par les parties d'une ligne droite, ſuppoſant que la vîteſſe de chaque boule ſoit uniforme, ſoit que les boules ſoient égales ou inégales.

Mais parce que les mouvemens des boules en pendule s'accélèrent juſques à leur point de repos ; on ne conſidère ici que la vîteſſe qu'elles ont acquiſe en ce point : & lors qu'on parle de leurs vîteſſes avant

ou

ou après leur choc, on entend celles qu'elles ont immédiatement avant ou après leur choc, qu'on appellera aussi leurs vitesses premières ou secondes.

PREMIER PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION II.

SI un corps étant en mouvement est poussé par un autre corps selon la même ligne de direction, ou selon une autre, le corps poussé prendra un mouvement qui dépendra des deux causes, & sera composé du premier mouvement & du second, tant à l'égard de sa direction, qu'à l'égard de sa vitesse.

On en peut voir l'expérience en frappant de travers une boule qui roule. Car elle ne suivra pas sa première direction, & n'ira pas aussi du côté qu'on l'aura poussée; mais elle prendra une direction oblique entre les deux autres, & sa vitesse sera aussi augmentée. Et si lorsqu'on tire une Arbalette, on pousse la main en avant, le trait ira plus loin, que si l'on n'avance point la main; & il ira moins loin, si l'on retire la main au lieu de l'avancer. De même, si on lance un dard à course de cheval, il percera bien mieux ce qu'il rencontrera, que s'il étoit poussé par le seul mouvement du bras.

SECOND PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION III.

LOrsque deux corps se choquent directement, la puissance ou force de leur choc pour faire impression l'un sur l'autre est la même, soit qu'ils aillent l'un contre l'autre avec des vitesses égales, ou inégales, ou qu'un seul des deux soit en mouvement, ou que tous deux aillent de même part; pourvû que la vitesse propre de chacun d'eux soit uniforme selon la première Supposition, & qu'étant en même distance lorsqu'ils commencent à se mouvoir, ils employent des tems égaux à se rencontrer, c'est-à-dire, pourvû que leur vitesse respective soit toûjours la même.

A & B sont deux corps, dont la distance est la ligne AB. Or soit qu'ils se rencontrent en C, A se mouvant avec la vitesse AC d'un degré, & B avec la vitesse BC de 3 degrez; ou qu'ils se rencontrent en D, tous deux avec des vitesses égales de 2 degrez, ou en B, A se mouvant seul avec la vitesse AB de 4 degrez; la force du choc sera toûjours égale: TAB. I. Fig. 1.

& il est évident par la Définition 3e. que la vitesse respective avec laquelle ils se rencontrent en ces points différens, est toûjours la même; puisqu'étant toûjours en la même distance AB, avant que de se mouvoir, ils se rencontrent dans un même intervalle de tems, le corps A arrivant aussi-tôt en B, avec une vitesse de quatre degrez, qu'en D, avec une vitesse de deux degrez, ou en C, avec une vitesse d'un degré, & le corps B arrivant aussi dans le même tems en C ou en D, avec la vitesse BC, 3. ou BD, 2. Que si le corps A se meut avec la vitesse AE de cinq degrez, & B avec la vitesse BE d'un degré de même part, ils se choqueront en E, & la force de ce choc sera encore égale aux précédentes; car leur vitesse respective sera toûjours la même, parce qu'ils se rencontrent dans le même intervalle de tems, le corps A arrivant aussi-tôt au point E, avec la vitesse AE, qu'au point B, avec la vitesse AB, & le corps B arrivant aussi-tôt en E avec la vitesse BE, qu'en C avec la vitesse BC; & ces deux corps arrivent aussi dans le même tems à chacun de ces points, par les régles du mouvement local uniforme.

Cette Proposition se prouve facilement par l'expérience, si ces corps sont des boules de terre-glaise médiocrement molle, en les faisant choquer avec de telles vitesses propres qu'on voudra, la vitesse respective demeurant toûjours la même, comme il a été enseigné en la première Proposition; car ces boules s'aplatirons toûjours de la même façon. Elle se prouve aussi par les expériences que l'on peut faire dans un bateau qui va très-vîte sur l'eau: car si l'on pousse quelque corps avec la même force, soit du côté où le bateau va, soit vers le côté opposé, ou de travers, il choquera toûjours de même force les corps qui sont dans le même bateau à distances égales; ce qui procéde de ce que la vitesse respective est toûjours la même, quoique la vitesse propre du corps qui choque & de celui qui est choqué, ne soit pas toûjours la même, à cause du mouvement du bateau.

TROISIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION IV.

Si deux corps semblables & inégaux de même matière sont mûs avec des vitesses égales, l'effort du plus grand corps sera plus grand que celui du moindre sur les corps qu'ils rencontreront; & si deux corps semblables & égaux de même matière sont mûs avec des vitesses inégales, celui qui est mû avec la plus grande vitesse, fera aussi le plus d'effort sur les corps qu'il rencontrera, soit que le choc soit horisontal, ou de bas en haut, ou d'autre sorte.

Cet-



Cette Propoſition ſe prouve facilement par l'expérience; car ſi l'on jette une balle de plomb avec une grande force, elle entrera bien plus avant dans de la terre molle, que ſi on la jette avec une force médiocre; & ſi l'on jette avec une égale viteſſe deux boules de fer, dont l'une pèſe deux ou trois fois autant que l'autre, contre quelque corps pour le renverſer, ou pour le rompre, on verra toûjours que la plus peſante fera un plus grand effet. On ſçait auſſi qu'un bâton qui eſt emporté par une eau courante, eſt bien plus facilement arrêté qu'une poutre qui eſt emportée par la même eau, avec la même viteſſe; & qu'une boule de bois roulant eſt plus facilement arrêtée, qu'une de fer auſſi groſſe roulant avec la même viteſſe.

On dira d'un corps qui va plus vîte qu'un autre qui lui eſt égal en peſanteur, ou qui eſt plus peſant & va d'une égale viteſſe, qu'il a une plus grande puiſſance de mouvement, ou une plus grande quantité de mouvement. On conſidère donc ici la quantité de mouvement comme un composé du poids de la viteſſe d'un corps, & pour en déterminer l'idée, on appellera le produit du poids d'un corps par ſa viteſſe, ſa quantité de mouvement: comme ſi un corps pèſe trois livres, & un autre deux livres, & que la viteſſe du premier ſoit quadruple de celle du ſecond, on dira que la quantité de mouvement du premier ſera douze, ſçavoir le produit de trois de poids par quatre de viteſſe, & celle du ſecond deux, qui eſt le produit de deux de poids par un de viteſſe. De même, ſi le poids du premier eſt au poids du ſecond comme trois à deux, & la viteſſe du ſecond à celle du premier, comme ſept à quatre, leurs quantitez de mouvement à l'égard l'une de l'autre ſeront dites, douze & quatorze, dont l'une eſt le produit du nombre qui exprime le poids du premier corps, ſçavoir trois, par quatre, qui exprime ſa viteſſe; & l'autre eſt le produit de deux, qui exprime le poids du ſecond, par ſept, qui exprime ſa viteſſe: d'où il s'enſuit que ſi l'on diviſe la quantité de mouvement d'un corps par le nombre qui marque ſon poids, le quotient ſera le nombre qui marquera ſa viteſſe.

Que ſi l'on veut repréſenter les poids & les viteſſes par des lignes, le rectangle de deux lignes, dont l'une marquera le poids, & l'autre la viteſſe d'un corps, à l'égard d'un autre corps, ſera dit la quantité de mouvement de ce corps.

Or par le poids d'un corps, on n'entend pas ici la vertu qui le fait mouvoir vers le centre de la terre; mais ſon volume avec une certaine ſolidité ou condenſation des parties de ſa matière, qui eſt vrai-ſemblablement la cauſe de ſa peſanteur, laquelle eſt plus ou moins grande à l'égard des autres corps, quand il a plus ou moins de volume, ou qu'il eſt plus ou moins condenſé; & l'on appellera toûjours la quantité de mouvement d'un corps, le produit de ſon poids par ſa viteſſe, ſoit qu'il aille de haut en bas, ou de bas en haut, ou horiſontalement, &c.

QUATRIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION V.

Si un corps en repos suspendu est choqué horisontalement par un autre corps plus pesant, il résistera moins au mouvement; & le corps choquant recevra moins d'impression par le choc, que si le corps en repos étoit également pesant: & plus le corps en repos sera pesant, plus il résistera au mouvement; pourvû que le corps choquant demeure toûjours le même, & qu'il rencontre toûjours l'autre avec la même vitesse.

On connoîtra la vérité de cette Proposition par l'expérience, en frappant d'une même vitesse avec la main deux corps suspendus inégaux en pesanteur, car on sentira moins de douleur par la rencontre du corps moins pesant: & si l'on suspend une boule de terre molle, & qu'on la laisse aller avec une certaine vitesse contre une boule de bois en repos suspendue de même, & qui soit deux fois plus pesante, on verra qu'elle la fera mouvoir plus lentement, & qu'elle s'aplatira davantage par le choc, que lorsqu'elle en rencontrera une autre qui lui sera égale en poids: & si on la fait choquer contre une autre boule deux fois moins pesante qu'elle, elle s'aplatira encore moins, mais elle la fera aller plus vîte, pourvû qu'elle la rencontre toûjours directement avec une même vitesse. Donc si un corps suspendu est choqué par un autre, &c. ce qu'il falloit prouver par expérience.

Il est bon de remarquer que la résistance de l'air contribue fort peu à ces effets, quand la vitesse est médiocre, puisqu'une boule de plomb de deux livres résistera plus au mouvement d'une boule de terre molle, qu'une boule de bois d'une livre; quoique le volume de cette dernière étant plus grand, elle pousse plus d'air devant soi, & en entraîne plus après soi que l'autre. Ce n'est pas aussi à cause du principe du mouvement vers le centre de la terre, qu'un corps plus pesant résiste plus au mouvement d'un autre corps, qu'un moins pesant, lorsqu'il est choqué horisontalement; car son mouvement vers le centre n'est point empêché. Mais la véritable cause de cet effet est la même qui rend ce corps plus pesant, sçavoir la plus grande quantité de sa matière. Ainsi, s'il y a deux ou trois pintes d'eau dans un vaisseau, & une pinte seulement dans un autre, & qu'on jette en chacun de ces vaisseaux une égale quantité de fer embrasé, l'eau du dernier deviendra plus chaude que celle de l'autre, à cause qu'il y aura moins de matière à échauffer; & le fer sera plûtôt refroidi par la plus grande quantité d'eau, que par la moindre.

On

On peut remarquer qu'un corps quoique peu pesant, résiste beaucoup à prendre une grande vitesse tout à coup. On en voit l'expérience en suspendant horisontalement un couteau pointu; car si quelqu'un tenant à la main une assiette d'étain, la pousse sans la lâcher, contre la pointe du couteau avec une grande force, ce couteau entrera dedans & la percera; ce qui n'arriveroit pas, si le couteau cédoit facilement au choc: & si on tire un mousquet contre une giroüette, en sorte que la balle la rencontre vers son milieu, elle la percera; parce qu'il est moins difficile d'en rompre & détacher quelques parties les unes des autres, que de la faire mouvoir toute entière avec une très-grande vitesse tout à coup.

AVERTISSEMENT.

Ce principe peut servir pour expliquer le deuxième, lorsque les poids sont inégaux: car si c'est le plus grand corps qui choque le moindre en repos, ce dernier cédant moins difficilement que s'il étoit égal, diminue la force du coup; & si c'est le moindre qui choque, la grande résistance du plus pesant fait que la force du coup est augmentée.

Or si on suppose que ces résistances soient suivant la proportion des poids, on pourra juger que l'impression mutuelle du coup produit par un corps de quatre livres, rencontrant une résistance d'une livre, doit être égale à celle d'une livre, rencontrant une résistance de quatre livres, & de même à l'égard des poids qui sont en d'autres proportions.

CINQUIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION VI.

Si les quantitez de mouvement de deux corps sont égales lorsqu'ils se choquent directement, ils s'arrêteront l'un l'autre, & demeureront sans mouvement, s'ils s'atachent ensemble; mais si les deux quantitez de mouvement sont inégales, ils ne demeureront pas en repos immédiatement après le choc.

Faites que la boule H de la machine décrite en la première Proposition soit double de la boule G; & qu'elles se touchent lorsqu'elles seront en repos, sans s'appuyer l'une contre l'autre. Eloignez la plus grosse H de son point de repos par un arc de dix degrez, & la moindre G par un arc de vingt degrez selon la manière qui y est enseignée. Laissez-les aller en même tems, afin qu'elles se rencontrent lorsque leurs centres seront arrivés en leurs points de repos, auquel moment elles se choqueront directement avec des quantitez de mouvement égales, par ce- TAB. I. Fig. 3.

ce qui a été dit en la 4e. Propoſition, ou ce qui eſt la même choſe, leurs viteſſes & leurs poids ſeront en raiſon réciproque immédiatement avant leur choc; alors vous les verrez toutes deux demeurer ſans mouvement. On obſervera toûjours la même choſe, ſi leurs poids & leurs éloignemens de leur point de repos ſont en d'autres raiſons réciproques; comme de trois à un, ou de trois à deux. Mais ſi l'on augmente un peu le poids ou la viteſſe d'une des boules, on verra qu'elle emportera l'autre un peu au delà de ſon point de repos. Donc ſi les quantitez de mouvement de deux corps, &c. ce qu'on s'étoit propoſé de prouver par expérience.

CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit que ſi deux corps mols ſans reſſort ſe choquant directement perdent leur mouvement, leurs poids & leurs viteſſes étoient réciproques immédiatement avant le choc, c'eſt-à-dire, qu'elles avoient une égale quantité de mouvement.

AVERTISSEMENT.

CE principe d'expérience ou régle de la nature, & cette conſéquence, ſont preſque la même choſe que ces principes de Méchanique: les corps dont les poids & les diſtances ſont réciproques en une balance, ſont équilibre; & s'ils ſont équilibre, leurs poids & leurs diſtances ſont réciproques. *Même ces derniers principes ſuivent en ordre de nature les deux autres, & en dépendent: car la cauſe naturelle de l'équilibre de deux corps qui ont leurs poids & leurs diſtances réciproques, procéde de ce qu'ils ſont diſpoſés à ſe mouvoir avec des viteſſes réciproques à leurs poids; celui dont la diſtance eſt ſous-double, ne pouvant deſcendre, que l'autre qui eſt ſuppoſé peſer la moitié moins, ne s'éleve avec une viteſſe deux fois plus grande. Et de même qu'on appelle quantité de peſanteur la force d'un poids dans une diſpoſition à ſe mouvoir ſelon une certaine viteſſe à proportion du bras de la balance où il eſt ataché; on appelle ici quantité de mouvement, la force de ce poids, ſe mouvant effectivement ſelon cette viteſſe. Et comme un poids de ſix livres à une diſtance de deux pieds du centre de mouvement d'une balance, eſt dit avoir une même force de peſanteur qu'un poids de quatre livres à une diſtance de trois pieds; ainſi un poids de ſix livres avec deux degrez de viteſſe ſera dit avoir une même puiſſance de mouvement, ou une même quantité de mouvement, qu'un poids de quatre livres avec trois degrez de viteſſe. Mais pour faire connoître que la différence de diſtance du centre de mouvement d'une balance n'augmente pas de ſoi & immédiatement la force de peſanteur des poids; atachez un poids d'une livre à une diſtance de deux pieds de ce centre, & le ſoûtenez en mettant la main ſous la balance à l'endroit où eſt le poids, & enſuite au lieu de la livre, mettez-y un poids de trois livres, à la diſtance d'un de-*

demi pied; car en ce dernier cas, vous aurez la main chargée comme de trois livres; & au premier cas seulement comme d'une livre; quoi que ces deux poids étant mis de part & d'autre du centre de la balance selon ces distances, la livre emporte les trois livres. D'où il s'ensuit que ce principe de Méchanique, les poids égaux en des distances inégales pèsent inégalement, *se doit entendre lors que ces poids sont mis ensemble d'un côté & d'autre du centre de la balance; puisque les forces de pesanteur qu'ils ont en ces distances différentes, procédent de ce qu'ils sont disposés à se mouvoir avec des vitesses différentes. On peut comparer la vitesse d'un corps à celle d'un autre, en les exprimant par des nombres qui dénotent leurs raisons; comme si la vitesse d'un corps est à celle d'un autre en la raison de six à onze, on dira que la vitesse de l'un est de six degrez, & celle de l'autre d'onze degrez: même on peut les exprimer par le nombre des degrez des arcs de cercle qu'ils décriront dans les expériences qu'on fera avec les pendules de la machine décrite en la première Proposition.*

PROPOSITION VII.

SI deux corps inégaux en pesanteur sont mûs avec des vitesses égales, leurs quantitez de mouvement seront l'une à l'autre en la raison de leurs poids.

Cela est évident: car si un corps A pèse deux fois autant qu'un autre corps B, & que leurs vitesses soient égales, A étant imaginé divisé en deux poids égaux C & D, la quantité de mouvement de la moitié C sera égale à celle du corps B, puisqu'ils ont même poids & même vitesse; & la quantité de mouvement de l'autre moitié D étant aussi égale à celle du poids B, la quantité de mouvement de C & D ensemble, c'est-à-dire, celle du corps entier A, sera double de celle du corps B. Cette Proposition se prouve aussi par ce qui a été dit en la Proposition quatrième; car le produit du poids du corps A par sa vitesse, sera double du produit du poids du corps B par la même vitesse, & ces produits qui sont entre eux comme les poids, sont leurs quantitez de mouvement. On dira de même, si les poids de ces corps sont en d'autres raisons.

PROPOSITION VIII.

SI deux corps égaux en pesanteur sont mûs avec des vitesses inégales, leurs quantitez de mouvement seront entre elles comme leurs vitesses.

Cette Proposition se prouve de même que la précédente: car les produits des poids de ces corps, par leurs vitesses, seront l'un à l'autre comme les vitesses, & ces produits sont leurs quantitez de mouvement par la Proposition quatrième.

PRO-

PROPOSITION IX.

SI deux corps ont leurs poids & leurs vitesses inégales, leurs quantitez de mouvement seront l'une à l'autre en la raison composée des poids & des vitesses.

TAB. I. Fig. 6. Soit le poids du corps A plus grand que celui du corps B; & que le corps A soit mû avec la vitesse C, & le corps B avec la vitesse D. Supposons aussi que le poids du premier soit au poids du second, comme la ligne E à la ligne F. Or le rectangle des lignes C & E sera la quantité de mouvement du corps A, & le rectangle des lignes D & F sera la quantité de mouvement du corps B, à l'égard l'un de l'autre, par la Proposition quatrième. Mais ces rectangles sont l'un à l'autre en la raison composée de la ligne E à la ligne F, & de la ligne C à la ligne D. Donc les quantitez de mouvement de ces corps seront aussi l'une à l'autre, en la raison composée de leurs poids & de leurs vitesses; ce qu'on s'étoit proposé de prouver.

SIXIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION X.

SI un corps mol sans ressort choque directement un autre corps mol & sans ressort, les deux ensemble, étant joints après le choc, iront de même part que le corps choquant, & la quantité de mouvement des deux ensemble sera égale à la quantité de mouvement de ce corps avant le choc.

TAB. I. Fig. 3. Pour prouver cette Proposition par l'expérience, servez-vous des deux boules en pendule de la machine décrite en la première Proposition. Tirez la boule G, jusques à ce que son centre soit vis-à-vis du point X; & si les boules sont d'un poids égal, prenez de l'autre côté un arc qui soit égal à la moitié de l'arc LX, observant ce qui TAB. I. Fig. 5. a été dit en la première Proposition. Faites mettre le point β du carton qui sert d'équerre sur la petite ligne qui marque ce dernier arc; alors si vous laissez aller la boule G, elle choquera directement la boule H qui est supposée en repos, & vous verrez aller les deux ensemble après le choc, & remonter du côté du point N, jusques à ce que le fil de suspension de la boule H, soit très-près de la ligne $\beta\gamma\delta$ du carton: car la résistance de l'air empêche qu'il n'y aille précisément; & s'il y alloit, ce seroit une marque que les deux boules ensemble immédiatement après le choc auroient eu une vitesse plus grande que la moitié de celle de la boule G avant le choc, par les raisons qui ont été citées en la première

mière Propoſition. Donc les deux boules enſemble auront commencé à remonter vers N avec une viteſſe moindre de moitié, que celle qu'avoit la boule G avant le choc. D'où il s'enſuit qu'après le choc la viteſſe des deux boules enſemble ſera à celle de la boule G avant le choc, réciproquement comme ſon poids, au poids des deux boules enſemble; donc la quantité de mouvement des deux boules enſemble après le choc ſera égale à celle de la boule G avant le choc. Que ſi la boule G a ſon poids double de celui de la boule H, & qu'on éleve la boule G juſqu'au quinzième degré, on verra remonter après le choc la boule H juſqu'au dixième degré; & par conſéquent la quantité de mouvement des deux boules enſemble après le choc ſera 30, produit de 3 de poids par 10 de viteſſe, qui eſt la même qu'avoit la ſeule boule G avant le choc. On verra les mêmes proportions, à quelque degré qu'on éleve la boule G, & quelques proportions qu'aient les poids des deux boules entre eux. Donc ſi un corps mol ſans reſſort &c. ce qu'il faloit prouver par expérience.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition que le mouvement d'un corps qui n'en rencontre point de contraire, ne ſe perd point; puiſque la quantité de mouvement qui eſt dans les deux boules jointes enſemble, eſt égale à celle qui étoit dans la ſeule boule G: il s'enſuit auſſi que pour trouver quelle doit être la viteſſe de deux corps mols joints après le choc, quelque viteſſe & quelque peſanteur qu'ait le corps qui donne le mouvement à l'autre, il faut diviſer ſa première quantité de mouvement par la ſomme des poids des deux corps; car le quotient ſera la viteſſe requiſe, puiſque cette dernière quantité de mouvement doit être égale à la première.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit auſſi que ſi la viteſſe du corps qui ſe mouvoit ſeul, eſt exprimée par un nombre égal à la ſomme des poids des deux corps, leur viteſſe commune après le choc ſera exprimée par un nombre égal au poids de ce premier; parce que la multiplication & la diviſion ſe font par un même nombre.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Soient les poids 5 onces & 2 onces; donc la viteſſe de celui qui étoit ſeul en mouvement, ſera 7, & ſa quantité de mouvement 35, ſi ſon poids eſt 5: or 35 étant diviſé par 7 donnera pour quotient le même nombre 5. Que ſi c'eſt le corps dont le poids eſt 2, qui ſe ſoit mû contre l'autre,

tre, sa quantité de mouvement sera 14, lequel nombre étant divisé par 7 donnera le même nombre 2, & ainsi dans toutes les autres proportions.

AVERTISSEMENT.

Pour bien entendre comme se fait le mouvement commun des deux boules G & H, il faut concevoir que la partie la plus avancée de la boule H, perd un peu de sa vitesse au moment qu'elle rencontre l'autre, qui en reçoit aussi un peu en sa partie la plus avancée. Mais les parties de la boule H, proches de celle qui a un peu perdu de sa vitesse, s'avancent alors plus vîte qu'elle, jusques à ce qu'elles touchent les parties de l'autre boule qui leur correspondent, & les fassent avancer avec elles, en perdant aussi une partie de leur vitesse; ce qui est cause de l'aplatissement de ces premières parties de chaque boule. Mais la partie opposée de la boule G, ne prend point de mouvement au commencement du choc, ou très-peu, & elle le reçoit & l'augmente successivement à mesure qu'il y a davantage de parties de la boule H, qui touchent la boule G. Comme aussi les parties de la boule H, opposée à celles qui touchent l'autre boule, ne perdent point, ou perdent très-peu de leur vitesse à l'instant du choc, mais peu à peu à mesure que les deux boules s'aplatissent; car elles ne s'aplatiroient pas, si à l'instant du choc la boule H perdoit la moitié de sa vitesse en toutes ses parties, & que l'autre la reçût; puisqu'allant aussi vîte l'une que l'autre, la boule H ne feroit plus aucune impression sur celle qui la précéderoit. Et enfin lorsque l'aplatissement entier s'acheve, la boule H toute entière n'a plus que la moitié de sa première vitesse, & l'autre en a reçû une égale à cette moitié en toutes ses parties, & elles vont toutes deux ensemble avec cette vitesse égale à la moitié de la première vitesse de la boule H.

SEPTIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XI.

Si deux corps mols sans ressort vont de même part avec des vitesses inégales, & que le plus vîte rencontre l'autre directement, ils auront ensemble après qu'ils seront joints, une quantité de mouvement égale à la somme des quantitez de mouvement des deux corps avant le choc.

TAB. I. Fig. 3. Cette Proposition se prouve par l'expérience comme la précédente par le moïen de la machine décrite en la première Proposition: car si on

on éleve, par exemple, la boule G jusques au vingt-quatrième degré, & la boule H jusques au huitième degré de même part, vers le point M, comptant les degrez de la première depuis le point L, & prenant avec l'ouverture d'un compas un arc de 8 degrez depuis le point I, jusques à quelque point de la circonférence L M; & qu'en suite on laisse aller les deux boules en même tems; elles se rencontreront lorsque leurs centres seront arrivés à leurs points de repos par la quatrième Supposition. Or si la boule G pèse 8 onces, & l'autre 12, la proportion de leurs poids sera comme de 2 à 3, & celle de leurs vitesses comme de 3 à 1: & si l'on calcule leurs quantitez de mouvement par ces termes, celle de la boule G sera 6, & celle de la boule H 3, & leur somme 9, laquelle divisée par 5, somme des poids, donnera pour quotient $\frac{9}{5}$ dont la valeur réduite en degrez du cercle sera 14 degrez 24 minutes, puisque $\frac{9}{5}$ est à 14 degrez 24 minutes, comme 3 à 24, ou 1 à 8. Que si l'on veut compter les degrez des vitesses par ces degrez de cercle 24 & 8, la quantité de mouvement de la boule G sera 48, & celle de l'autre boule vingt-quatre, & leur somme 72, laquelle étant divisée par 5, somme des poids, donnera le même quotient 14 degrez 24 minutes; ce qui fera connoître que le fil de suspension de la boule H doit remonter jusques à cette hauteur, & on le verra par l'expérience, en y appliquant le petit carton $\alpha\ \theta\ \delta$, comptant les degrez depuis le point I vers la lettre N: car on verra ce fil de la boule H aller tout contre le petit carton; & par conséquent les 2 boules ensemble seront remontées par un arc de 14 degrez 24 minutes, lequel nombre étant multiplié par 5, nombre des poids, le produit sera le même nombre 72 ci-dessus, somme des quantitez de mouvement des deux boules avant le choc. On trouvera la même chose, si l'on change en quelque sorte qu'on voudra les poids & les vitesses des boules qui se rencontrent directement allant de même part; sçavoir qu'après qu'elles seront jointes ensemble elles auront une quantité de mouvement égale à la somme de celles qu'elles avoient avant le choc. Donc si deux corps mols sans ressort vont de même part, &c.. ce qu'on s'étoit proposé de prouver par expérience.

HUITIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XII.

SI deux corps mols sans ressort égaux ou inégaux se rencontrent directement, allant l'un contre l'autre avec des vitesses égales ou inégales, & que leurs quantitez de mouvement soient inégales avant le choc, la moindre quan-

quantité de mouvement se perdra entièrement, & il s'en perdra autant de l'autre, & les deux corps joints ensemble n'auront plus que la quantité de mouvement restante, c'est-à-dire, la différence des deux quantitez de mouvement avant le choc; & cette différence, divisée par la somme des poids, donnera la vitesse commune des deux corps joints après le choc.

TAB. I. Fig. 3. Faites que les deux boules de terre-glaise G & H soient d'un poids égal, & les faites rencontrer avec des vitesses inégales, comme il a été enseigné en la première Proposition, élevant la boule H jusques au 20e. degré vers N, & la boule G jusques au 10e. degré vers M, afin que la vitesse de la boule H soit double de celle de l'autre boule avant le choc: alors vous les verrez aller ensemble après leur rencontre, jusques à ce que le fil de suspension de la boule G soit remonté au cinquième degré; ce qui doit arriver, si la quantité de mouvement de la boule G se perd, & que la boule H en perde autant par le choc: car si le poids de chaque boule est exprimé par l'unité, la quantité de mouvement de la boule H avant le choc sera 20, & celle de la boule G 10, & par conséquent il ne leur restera que 10 de quantité de mouvement après le choc: mais ce nombre est le produit de 5 de vitesse commune, par 2, somme des poids, & est aussi la différence des deux quantitez de mouvement avant le choc; donc il ne leur restera que cette vitesse de 5. Que si l'on éleve la boule G jusques au seizième degré, afin que sa vitesse avant le choc soit à celle de l'autre boule, comme 4 à 5, on verra que les deux boules après le choc, ne remonteront que jusques au dixième degré vers M; ce qui doit arriver, si la moindre quantité de mouvement se perd, & qu'il s'en perde autant de la plus grande: car si l'on exprime les vitesses des boules par les nombres des degrez des arcs, la quantité de mouvement de la boule H, sera 20, & celle de l'autre boule 16; & leur différence 4 étant divisée par 2, somme des poids, donnera 2, pour leur vitesse commune, lorsqu'elles seront jointes ensemble, par ce qui est dit à la fin de la Proposition quatrième. D'où il s'ensuit que la quantité de mouvement des deux boules jointes ne sera que 4, sçavoir la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc, de même que si la boule G étant en repos la boule H l'avoit choquée avec une vitesse de 4 degrez.

Que si l'on augmente toûjours la proportion de la vitesse de la boule G, à celle de la boule H, on verra que la vitesse des deux ensemble après le choc diminuera toûjours, & qu'enfin lorsqu'on élévera la boule G à 20 degrez, le mouvement des deux boules se perdra entièrement, conformément à la Proposition sixième; & dans toutes ces expériences, on verra toûjours que la quantité de mouvement des deux boules après le choc, sera égale à la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc.

Soient maintenant les poids inégaux, & que le poids de la boule H, par exemple, soit quadruple du poids de la boule G; faites-les rencontrer

trer avec des viteſſes égales de dix degrez chacune; & vous verrez qu'elles iront enſemble avec une viteſſe de ſix degrez, c'eſt-à-dire, que le centre de la boule G ne s'élévera que juſques au ſixième degré. Ce qui doit arriver, ſi la quantité de mouvement de la boule G ſe perd, & qu'il s'en perde autant de l'autre; car il ne lui reſtera qu'une quantité de mouvement de 30, qui étant diviſée par 5, ſomme des poids, donnera ſix degrez pour leur viteſſe commune.

Que ſi la boule G eſt de ſix onces de poids, & H de 8 onces, & qu'on laiſſe aller en même tems la boule H d'une hauteur de dix degrez, & la boule G d'une hauteur de 16 degrez, la quantité de mouvement de la boule G avant le choc ſera 96, produit de 16 de viteſſe par 6 de poids, & celle de la boule H 80, produit de 8 par 10. Or ſi la boule H perd ſa quantité de mouvement, & qu'il s'en perde autant de l'autre, il ne reſtera à la boule G que 16 de quantité de mouvement; & ſi l'on diviſe 16 par 14, ſomme des poids, le quotient donnera $\frac{8}{7}$ pour la viteſſe commune des deux boules; & par conſéquent elles ne devront remonter que par un arc d'un degré $\frac{1}{7}$, ce qu'on trouvera conforme à l'expérience; & par conſéquent la quantité de mouvement des deux boules enſemble après le choc, ſera la différence de celles qu'elles avoient avant le choc. On trouvera la même choſe, quelque poids qu'ait chacune des boules, & quelques viteſſes propres qu'elles aient avant que de ſe rencontrer. Donc ſi deux corps mols ſans reſſort égaux ou inégaux, &c. ce qu'on s'étoit propoſé de prouver par expérience.

AVERTISSEMENT.

Pour bien juger à quel degré remonteront les boules dans ces dernières expériences, il faut après l'avoir trouvé par le calcul, ſelon les régles ci-deſſus, planter perpendiculairement ſur la ligne qui marquera le degré, un petit ſtyle de fil de fer un peu moins long que la ligne γ β du carton, afin qu'il ne ſoit pas rencontré par le fil de ſuſpenſion de la boule en mouvement; & on pourra voir aſſez exactement, ſi après le choc le premier fil remontera vis-a-vis de l'extrémité de ce petit fil de fer.

PROPOSITION XIII.

Si une ligne comme A B eſt diviſée au point C en raiſon réciproque des poids des corps A & B, & qu'étant prolongée directement de part & d'autre, on y prenne un point D, en ſorte que A D repréſente la viteſſe & la direction du corps A avant le choc, & B D celle du corps B, l'une & l'autre viteſſe ſuppoſée uniforme ſelon la première Suppoſition, & que D E ſoit priſe égale à C D; les deux corps s'étant joints enſemble iront avec la viteſſe & la direction D E, s'ils ſont ſans reſſort. Car d'autant que ſe rencontrant au point C, avec les viteſſes TAB. I. Fig. 7.

A C, B C, ils demeureroient sans mouvement par la Proposition sixiéme; le mouvement du corps A vers D sera augmenté de la vitesse CD, & le corps B diminuera sa vitesse contraire & opposée de la même vitesse C D; ce qui est la même chose, que si l'on ajoûtoit aux deux ensemble cette vitesse C D, après qu'ils seroient demeurés sans mouvement, s'étant rencontrés en C, & par conséquent la vitesse CD ou DE son égale, restera entière dans les deux corps joints après s'être rencontrés avec les vitesses contraires A D, B D.

Que si le point D est le même que le point B, c'est-à-dire, si le corps A choque avec la vitesse AB le corps B en repos, & qu'on prenne BG égale à B C; B G sera la vitesse commune des deux corps après le choc: car le corps A ajoûte à sa vitesse AB, la vitesse CB, & augmente encore sa quantité de mouvement du produit du poids de B par la vitesse C B, puisque cette quantité de mouvement lui étoit contraire le rencontrant au point C; & par conséquent les deux ensemble auront pour quantité de mouvement le produit de la somme de leurs poids par la vitesse C B ou B G. Donc ils iront ensemble après le choc en B, avec la vitesse B G.

Que si le point H dans la ligne A B prolongée est le même que le point D, c'est-à-dire, si ces corps se rencontrent au point H, A se mouvant avec la vitesse A H, & B avec la vitesse B H, & qu'on prenne HI égale à H C, HI sera leur vitesse commune après le choc: car la vitesse du corps A sera augmentée de la vitesse C H, & celle du corps B sera diminuée de la vitesse contraire B C, & augmentée de la vitesse B H de même part; ce qui est la même chose, que si les deux boules étant en repos, on leur avoit donné la vitesse C H, ou H I son égale. On trouvera par la même méthode la vitesse commune de deux autres corps sans ressort tels qu'on voudra, après s'être choqués, si leurs poids & leurs vitesses propres avant le choc sont connues.

Pour expliquer cette régle par les nombres. Supposons que le corps A dans le dernier exemple pèse quatre livres, & le corps B deux livres; la vitesse A C, c'est-à-dire, la ligne A C, sera 2, & B C 4. Or si B H est égale à 3, moitié de la ligne A B, A H vitesse du corps A rencontrant B en H, sera 9, & sa quantité de mouvement 36; & la vitesse B H étant 3, la quantité de mouvement du corps B sera 6; & la somme de ces deux quantitez de mouvement sera 42, qu'il faut ajoûter ensemble par la Proposition onziéme; & cette somme étant divisée par 6, somme des poids, donnera 7 pour quotient, sçavoir la ligne droite CH ou HI, qui sera la vitesse commune des deux corps après leur choc en H, conformément à la Proposition onziéme. Donc si une ligne comme A B est divisée réciproquement, &c. ce qu'il faloit prouver.

NEU-

NEUVIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XIV.

S'Il y a un corps inébranlable à ressort qui ait changé sa figure, & se soit mis en ressort par le choc d'un corps dur & inflexible en se restituant & reprenant sa première figure, il redonnera à ce corps la même vitesse qu'il avoit immédiatement avant le choc.

Ayez une corde à boyau, comme AB, tendue & atachée fermement aux deux points A & B de quelque petite machine; (on peut prendre pour cette machine une Trompette marine, ou quelque autre instrument à cordes) tirez cette corde AB par son milieu E, jusques à ce que ce milieu soit en D. Alors si vous la laissez aller, elle ne s'arrêtera pas en la ligne A E B, où elle étoit en repos; mais elle passera outre, & ce même point du milieu ira à fort peu près jusques en C, si EC est égale à ED; environ de la même sorte que les poids des pendules remontent à peu près aussi haut que le point d'où ils sont descendus. Mais on suppose ici de même qu'on l'a supposé dans le mouvement des pendules & pour les mêmes raisons, que le point E de la corde de boyau va précisément jusques au point C. D'où il s'ensuit que lorsque le milieu de cette corde retourne du point C au point E, cette partie reprend la même vitesse qu'elle y avoit acquise venant du point D, qui s'étoit diminuée peu à peu depuis le point E jusques au point C; & que par cette raison elle reprend à chaque point de la ligne EC, lorsqu'elle retourne en E, les mêmes vitesses qu'elle avoit allant du point E en C. Or si on entend qu'un corps dur & léger aiant frappé cette corde en E, fasse aller cette partie jusques en C, sans la quitter; il est aisé de concevoir que cette corde se restituant par son ressort, sa partie du milieu reprendra au point E la même vitesse que lui avoit donné ce corps au commencement de son choc, qui étoit la même qu'il avoit. Donc ce corps accompagnant la corde à son retour depuis le point C jusques au point E, il reprendra en ce point sa première vitesse, avec laquelle il continuera à se mouvoir vers D, comme il eut fait vers C, s'il n'eût pas rencontré la corde. TAB. I. Fig. 8.

Pour connoître la vérité de cette Proposition par l'expérience; suspendez à un fil de trois ou quatre pieds de longueur une petite boule de jaspe, ou de verre bien polie, ou même de plomb, l'y atachant avec de la cire d'Espagne ou autrement. Atachez l'autre bout du fil à quelque corps un peu pesant & plat, qu'on posera sur une table, laissant pen-

pendre la petite balle à côté de la table. Mettez ensuite vers les pieds de cette table, l'instrument où sera la corde à boyau, & l'affermissez en sorte qu'il ne puisse être sensiblement ébranlé par le choc de la petite balle, mais seulement la corde qu'on tiendra dans une situation horisontale. Avancez ou reculez sur la table le corps où est ataché le fil de suspension, & mettez enfin la balle de manière qu'étant en repos à côté de la corde, & à la même hauteur, elle la touche précisément vers
TAB. I. Fig. 8. le point E ou à fort peu près. Alors si vous éloignez cette petite balle du côté du point D, jusques à un pied ou environ de distance de la corde A E B, & que vous la laissiez aller contre, en sorte qu'elle la choque directement; vous verrez qu'elle la fera plier du côté du point C, & la mettra en ressort; & que cette corde retournant du côté du point D, repoussera cette petite balle suspendue jusques tout auprès du point d'où vous l'aurez laissé aller. D'où il est aisé de conclure, qu'elle y retourneroit précisément, & qu'elle reprendroit au point E la même vitesse avec laquelle elle avoit frappé la corde, si l'air ne résistoit point à son mouvement, si la corde ne frottoit point par ses extrémitez au bois de l'instrument, s'il étoit parfaitement affermi & inébranlable, & si la boule frappoit la corde de manière que son centre de pesanteur fût en la même ligne de direction que son point d'attouchement au moment du choc, ce qui arrive très-rarement; car si on laissoit tomber la même boule de haut en bas sur la même corde, on la verroit presque toûjours remonter de travers.

On peut faire encore une expérience fort aisée en posant une raquette sur un plancher uni, & l'y affermissant par quelques poids qu'on mettra sur ses bords; car si on laisse tomber d'une hauteur médiocre, comme de sept ou huit pouces, une petite boule d'yvoire d'environ deux pouces de diamétre vers le milieu de cette raquette, elle remontera par la force du ressort des cordes tendues, à la même hauteur, à deux ou trois lignes près.

Il est à propos de remarquer ici qu'un célébre Philosophe moderne a revoqué en doute cette force du ressort. Il a fondé sa difficulté sur une expérience assez facile, sçavoir, que si on presse fortement avec la main contre le dessus d'une table, ou contre un plancher, un ballon plein d'air pour le mettre en ressort, il ne s'éleve point en haut, tant vîte qu'on puisse retirer la main.

Pour résoudre ce doute, on soûtient que cette expérience est trompeuse, parce que le haut du ballon s'élevant, suit la main, & même s'appuye contre elle sur la fin de son ressort; ce qui en arrête l'effet & amortit la vitesse qu'il pourroit prendre de bas en haut. On connoîtra cette vérité par les expériences suivantes.

Ayez un cerceau fait avec de la baleine, de trois ou quatre lignes de largeur, d'environ deux lignes d'épaisseur, & de 15 ou 16 pouces de diamétre: pressez-le fortement avec la main sur un pavé bien uni, pour

lui

lui faire prendre une figure ovale; levez ensuite votre main le plus vîte que vous pourrez, il ne s'élévera qu'à environ trois ou quatre pouces: mais si vous le pressez de même, tenant vos deux pouces joints d'un même côté sur l'endroit le plus élevé, & que vous le laissiez ensuite échapper en glissant, de manière qu'il puisse s'élever perpendiculairement sans rien rencontrer, vous verrez qu'il s'élévera à 12 ou 15 pieds; d'où il est aisé de juger que la main le retient quand on la pose dessus.

A l'égard du ballon, il faut le placer sur un banc de quatre ou cinq pouces de largeur, & avoir une bande de toile d'environ deux pouces de largeur, dont on joindra les deux bouts. On la posera sur le ballon, de manière qu'elle pende deçà & delà, & qu'elle enferme comme une ceinture le ballon & le siége du banc sur lequel il est posé.

Cette ceinture de toile doit descendre plus de vingt pouces au dessous du ballon, & on se servira d'un petit bâton arrondi par les deux bouts en demi-sphère qu'on posera sur le bas de la toile, on le fera passer un peu au delà de part & d'autre pour y pouvoir poser les deux pouces; alors, si on le pousse peu à peu uniformément vers en-bas, pour faire descendre la bande & mettre le ballon en ressort, en le pressant avec beaucoup de force contre le banc, & qu'on le laisse échapper tout à coup, on verra que le ballon s'élévera à huit ou neuf pouces de hauteur emportant la bande de toile avec soi; ce qui suffira pour faire voir que c'est le ressort qui le fait élever.

Que si on veut lui donner une plus grande force de ressort, pour le faire aller à la hauteur d'un pied ou plus; il faut qu'un autre appuïe les deux mains avec le plus de force qu'il pourra sur les pouces de celui qui fait descendre le petit bâton.

On pourra mettre un appui ferme vers l'endroit le plus bas où l'on fait descendre le petit bâton, afin que le tenant appuïé dessus, on soit assûré qu'on ne lui donne point de mouvement vers en-bas, au moment qu'on le laisse aller.

Maintenant il faut considérer qu'il n'y a point de corps, ou qu'il y en a fort peu qui n'aient quelque ressort; car la cire même & la terre molle ont de l'air engagé dans leurs pores, qui leur donne une petite vertu de ressort. Les balles dont on joue à la paume, la colle froide, quelques gommes, les ballons enflés &c. ont un ressort visible; & quoique les corps durs & fermes, comme les boules d'yvoire, de jaspe, d'acier trempé &c. n'aient pas un ressort visible & apparent, on peut juger qu'ils en ont aussi, puisqu'ils ont des pores, & que par cette raison leurs parties peuvent s'approcher les unes des autres par violence, & reprendre ensuite leur première situation. La plûpart des métaux & des pierres rendent un son étant frappés; d'où il s'ensuit que leurs parties ont un frissonnement & tremblement, & qu'elles s'approchent & s'éloignent un peu l'une de l'autre, & que par conséquent ces corps ont ressort. On voit aussi par l'expérience qu'il y a des ressorts lents &

mols, comme ceux des raquettes, & des ballons enflés; & d'autres qui sont prompts & fermes, & qui se restituent très-soudainement, comme celui d'un arc d'acier fort court, ou d'un verre à boire.

TAB. I. Fig. 8. Pour concevoir plus aisément l'action des ressorts, il faut supposer un corps comme A B C D inébranlable, & qui ait une vertu de ressort très-prompte & très-ferme en sa partie convexe A E D, sur lequel tombe directement au point E, selon la ligne F E, la boule F G E H supposée dure & inflexible, & que par la force du choc, la partie convexe A E D soit mise en ressort, comme jusques en A I D. Or d'autant que le corps A D a un ressort prompt & très-ferme comme on l'a supposé, la partie E qui étoit venue en I, retournera en E en se restituant; & y étant elle aura repris, comme il a été dit de la corde à boyau, la même vitesse qu'elle avoit reçûe par la boule G H à l'instant du choc, qui étoit égale à celle de cette boule immédiatement avant le choc: car les ressorts dans le premier instant du choc font peu de résistance, comme on le voit par expérience dans un arc, quand on commence à tirer la corde; & par conséquent ils ôtent très-peu de la vitesse du corps qui les rencontre en ce premier instant, & par cette raison l'on ne considère point ici cette résistance, comme étant insensible; donc la boule G H suivant le mouvement de la partie E, reprendra au moment que la ligne courbe A E D aura repris sa première situation, la même vitesse qu'elle avoit immédiatement avant le choc, comme il a été dit ci-dessus de la petite boule repoussée par la corde à boyau. Le même effet doit arriver si la boule G H a un ressort prompt & ferme, & que par la résistance du corps A C, sa partie touchante se fléchisse: car l'enfoncement qui sera produit dans les deux corps par le choc, se restituant, fera reprendre réciproquement à la boule G H la même vitesse qu'elle avoit avant le choc, de même que si la seule convexité A E D s'étoit mise en ressort. Le même effet arriveroit encore, si la seule boule G H avoit ressort, & que le corps A C fût inflexible; pourvû qu'il fût inébranlable: car quelque enfoncement qui se fit en la boule, elle reprendroit successivement les mêmes degrez de vitesse, en se restituant, qu'elle auroit eu, diminuant peu à peu son mouvement jusqu'au repos; & au dernier moment de sa restitution entière en sa première figure, elle reprendroit la même vitesse qu'elle auroit eu avant le choc; d'où il s'ensuit que si les boules de verre, de jaspe, d'yvoire, &c. ont un ressort ferme, on en doit attendre des effets semblables.

L'expérience en est facile: car il ne faut que choisir une grosse enclume bien polie & un peu convexe en sa partie supérieure, & laisser tomber dessus, d'environ 12 ou 15 pouces de haut, une petite balle de verre ou de jaspe bien ronde & bien polie, & on la verra remonter sensiblement aussi haut que le point d'où on l'aura laissé tomber; ce qui ne peut procéder que de la vertu de son ressort & de celui de l'enclume. Car si au lieu de l'enclume on se sert d'une masse de plomb

à peu près semblable, & qu'on laiſſe tomber deſſus, de deux ou trois pieds de haut, une petite balle de même métail, elle ne remontera qu'à trois ou quatre lignes de hauteur; auſſi verra-t-on un petit aplatiſſement ou enfoncement dans l'un & l'autre de ces corps, qui fera connoître qu'ils n'ont preſque point de reſſort, puiſqu'ils ne reprennent point leur première figure; & que par conſéquent la boule de plomb ne peut être repouſſée qu'avec une très-petite viteſſe. Que ſi l'on objecte que les corps durs ne ſont pas flexibles, & qu'ils ne ſouffrent point d'enfoncement, il eſt facile de réſoudre cette objection, en faiſant voir les petits enfoncemens qui reſtent dans du fer, après avoir été choqué par un corps dur, quoique le fer ſoit plus dur que l'yvoire, & preſque auſſi dur que l'acier; & il ſeroit impoſſible qu'une boule de verre ou de terre cuite ſe caſſât, ſi elle ne changeoit de figure lorſqu'on la jette avec une grande force contre un autre corps dur: & parce qu'on voit que ces boules conſervent leur rondeur lorſqu'étant choquées elles ne ſe caſſent pas, il faut de néceſſité qu'elles reprennent exactement leur première figure par la vertu de leur reſſort, après s'être un peu enfoncées.

On peut encore remarquer que ſi on laiſſe tomber ſur une groſſe pierre plate & polie, une boule de terre-glaiſe médiocrement molle, de la hauteur de douze ou quinze pouces, y mettant un peu de papier ou de linge à l'endroit où elle doit toucher la pierre, afin qu'elle ne s'y atache pas, elle ne remontera point ou fort peu. Mais ſi on laiſſe tomber ſur la même pierre un ballon plein d'air bien preſſé, on verra la partie par laquelle il touche la pierre, s'aplatir de même que la boule de terre molle: mais cet enfoncement ſe reſtituant entièrement, il remontera bien haut; & il remonteroit encore plus haut, ſi l'air qui réſiſte beaucoup plus à un corps fort large & fort léger, qu'à un petit & fort peſant, n'arrêtoit pas une partie conſidérable de ſa viteſſe, tant en deſcendant qu'en remontant.

Pour prouver encore le reſſort des corps durs par une expérience aſſez convaincante, aïez une enclume fort dure & bien polie, & la frottez légèrement vers le milieu avec un peu de graiſſe: eſſuyez-la enſuite avec la main, en ſorte qu'elle n'en ſoit qu'un peu ſalie: laiſſez tomber ſur cet endroit, de quatre pouces de haut, une boule d'yvoire d'un pouce & demi de largeur à peu près, & vous verrez ſur l'enclume une petite marque ronde d'environ une demi ligne de diamétre, que la différence de réflexion y fera paroître: mais ſi vous laiſſez tomber la boule de plus haut, la marque ſera plus large & paſſera même trois lignes de diamétre, ſi vous pouſſez la boule avec une grande force contre l'enclume; ce qui ne peut procéder que de ce que la boule s'aplatit davantage par un grand choc, & marque par conſéquent l'empreinte d'un plus grand eſpace de ſa circonférence: & parce qu'après ces expériences, on ne remarque aucun enfoncement ni dans l'enclume ni dans la

 boule,

boule, il s'ensuit manifestement qu'elles reprennent leur première figure; & que deux boules à ressort ferme qui se choquent, doivent s'aplatir un peu par le choc & reprendre ensuite leur première rondeur.

De toutes lesquelles raisons & expériences on doit conclure que la plûpart de corps durs, comme l'acier, le marbre, le verre, l'yvoire, le jaspe, &c. ont une vertu de ressort prompte & ferme; & l'on en doit attendre les mêmes effets que de la corde à boyau frappée par la petite boule: & ce qui augmente encore la certitude de cette conclusion, est, que si on la prend pour hypothèse, on peut expliquer facilement tous les mouvemens qui arrivent à ces corps durs, après qu'ils se sont choqués en quelque manière que ce soit, comme on le pourra voir dans les Propositions suivantes, dont les démonstrations s'accordent parfaitement avec les expériences; au lieu que si l'on suppose que les corps durs sont inflexibles, il est impossible d'expliquer leurs mouvemens après le choc quand leurs poids sont inégaux, & les apparences ne conviennent aucunement à cette hypothèse.

AVERTISSEMENT.

Puisque c'est le seul ressort qui donne le mouvement de réflexion, il est aisé de juger que s'il y avoit quelques corps inflexibles qui se rencontrassent directement, leurs mouvemens après le choc suivroient les mêmes loix que les boules molles sans ressort, & que lorsqu'un corps inflexible en choqueroit un autre inflexible & inébranlable, il demeureroit sans mouvement, & ne retourneroit point en arrière; puisqu'il n'auroit aucune cause nouvelle de mouvement de ce côté-là. Et l'on voit par l'expérience qu'il est bien plus facile d'arrêter une boule qui roule, & de lui faire perdre son mouvement, que de la repousser en arrière avec la même vitesse; ce qui procède de ce qu'outre la force qu'il faut pour l'arrêter, il en faut une autre pour lui redonner sa première vitesse en arrière.

On appellera le mouvement des corps qui est produit par leur ressort, mouvement de ressort, ou mouvement de réflexion; & celui qui ne dépend pas du ressort, mouvement simple ou premier mouvement.

L'on entend ici par les corps à ressort, ceux qui ont un ressort parfait, qui leur fait reprendre exactement leur première figure.

On suppose aussi pour la facilité des démonstrations, que les boules à ressort reprendroient précisément par leur mouvement de ressort, la même vitesse avec laquelle elles auroient choqué un corps à ressort dur & inébranlable, & l'on fait abstraction de la résistance de l'air & des autres empêchemens. On suppose aussi que les boules sont de même matière, ou du moins que leurs ressorts sont également prompts & fermes; & quand on dit qu'elles sont égales, on entend qu'elles sont de même volume & de même poids.

PRO-

PROPOSITION XV.

SI deux corps à reſſort ſe choquent directement avec des viteſſes réciproques à leur poids, chacun de ces corps retournera en arrière avec ſa première viteſſe.

Soient premièrement A & B deux ballons égaux, où l'air ſoit également preſſé, & qu'ils ſe rencontrent avec des viteſſes égales A C, B C; je dis qu'ils ſe réfléchiront avec les mêmes viteſſes: car par la Propoſition ſixième leur mouvement ſimple ſe doit perdre entièrement, & il ne ſe répareroit point, s'ils n'avoient point de reſſort. Mais les ballons s'étant choqués chacun avec la même force, & ne cédant point l'un à l'autre, leur choc fera le même effet que ſi chacun d'eux avoit rencontré un corps inflexible & inébranlable, & par conſéquent ils s'enfonceront l'un l'autre, & s'aplatiront de même. Mais en reprenant leur première figure par le reſſort, ils reprendront au moment de leur reſtitution entière, la même viteſſe qu'ils avoient avant le choc par la Propoſition précédente. Donc chacun d'eux retournera en arrière avec la même viteſſe qu'il avoit avant le choc. La même choſe arrivera à des boules de jaſpe, de verre, d'yvoire, ou d'autre matière aiant un reſſort prompt & ferme, par les mêmes raiſons. TAB. I. Fig. 10.

Soient maintenant deux boules à reſſort inégales en poids A & B, & que la ligne A B étant diviſée inégalement au point C, A C ſoit la viteſſe de la boule A, & B C celle de la boule B, & que réciproquement B C repréſente le poids de la boule A, & A C celui de l'autre boule; il eſt évident par la ſixième Propoſition, que ſi elles ſe rencontroient avec ces viteſſes contraires, leur mouvement ſimple ſe perdroit: mais par les mêmes raiſons ci-deſſus, elles ſe mettront en reſſort, comme ſi elles avoient rencontré des corps inflexibles & inébranlables, & faiſant encore une eſpéce d'équilibre entre elles en prenant des viteſſes réciproques à leurs poids, chacune retournera en arrière avec ſa première viteſſe. Donc ſi deux corps à reſſort, &c. ce qu'il faloit prouver. TAB. I. Fig. 11.

L'expérience s'en fera facilement avec la machine décrite en la première Propoſition, ſi on ſe ſert de boules d'yvoire au lieu de celles de terre-glaiſe. Car ſi la boule H eſt double de la boule G, & qu'on mette la boule G à une diſtance de ſeize degrez du point L, & l'autre à une diſtance de huit degrez du point I; lorſqu'on les laiſſera aller l'une contre l'autre, on les verra remonter après leur rencontre juſques auprès des points d'où elles auront commencé leur chûte; & par conſéquent elles auront repris après le choc, les mêmes viteſſes qu'elles avoient avant le choc. Et ſi la boule H eſt triple de la boule G, & qu'on mette la boule G à une diſtance de douze degrez du point L, & l'autre à une diſtance de quatre degrez du point I; on verra remonter la bou- TAB. I. Fig. 3.

boule H à quatre degrez, & la boule G à douze degrez, à fort peu près.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition & de la précédente, que deux corps égaux ou inégaux étant preſſés l'un contre l'autre & mis en reſſort par quelque cauſe que ce ſoit, ſi la preſſion ceſſe tout à coup, ils ſe repouſſeront l'un l'autre par leurs reſſorts, & en ſe repouſſant, chacun d'eux prendra une égale quantité de mouvement. Car on a fait voir que le mouvement ſimple des boules A & B ſe perd entièrement, & que celui qu'elles reprennent, ne vient que de leur reſſort, par lequel elles ſe repouſſent & reprennent leurs premières viteſſes, qui étoient en raiſon réciproque de leurs poids: & par conſéquent d'autres boules étant preſſées & miſes en reſſort par quelque autre cauſe, prendront auſſi en ſe ſéparant des viteſſes qui ſeront l'une à l'autre en raiſon réciproque de leurs poids, ou ce qui eſt le même, chacune d'elles prendra une égale quantité de mouvement. Ce qu'on peut juger véritable, même ſans avoir recours à l'expérience; car ſi les boules ſont égales en poids, elles doivent réſiſter & ſe repouſſer de même force; & ſi elles ſont inégales, la plus groſſe doit plus réſiſter au mouvement que la moindre par la Propoſition cinquième, & il eſt très-vrai-ſemblable que ce doit être ſelon la proportion des poids: mais l'expérience faiſant voir cette proportion dans toutes ſortes d'inégalitez de boules de même matière à reſſort, on doit recevoir cette Conſéquence pour un principe d'expérience auſſi certain que les précédens.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit auſſi que deux corps à reſſort qui ſe ſont rencontrés directement, partagent par le mouvement de reſſort la viteſſe reſpective de leur choc, ſelon la raiſon réciproque de leurs poids, quelques viteſſes propres qu'ils aient eu avant le choc. Car ſi les boules A & B ſe rencontrent en quelque autre point de la ligne AB, comme D, avec les viteſſes propres A D, B D; leur viteſſe reſpective ſera la même, que lorſqu'elles ſe choquent au point C, par la 3e. Définition.

TAB. I. Fig. 11.

Mais par la troiſième Propoſition, l'impreſſion du reſſort qu'elles feront l'une ſur l'autre, ſera la même, & par conſéquent elles prendront une force de reſſort auſſi prompte & auſſi ferme. Or quand elles ſe rencontrent en C, elles partagent leur viteſſe reſpective A B ſelon la proportion réciproque de leurs poids, puiſque la boule A prend la viteſſe A C, & B la viteſſe B C. Donc ſe rencontrant au point D, elles partageront de même leur viteſſe reſpective, qui eſt la même que celle avec laquelle elles ſe rencontrent au point C, & ce partage ſe fera indépendamment de leur mouvement ſimple, quel qu'il puiſſe être.

La

La même chose arrivera en quelque autre point qu'elles se rencontrent avec la même vitesse respective, soit en A, B se mouvant seule, ou en B, A se mouvant seule, ou même au dehors de la ligne A B, comme en E ou F; ce qu'il faloit prouver.

TROISIÈME CONSÉQUENCE.

Il suit aussi de cette Proposition & de la dixième, qu'il n'y a point de corps entièrement inébranlable de quelque grandeur & de quelque pesanteur qu'il puisse être; & on ne s'est servi de l'idée d'inébranlable que pour faciliter l'explication de quelques Propositions.

QUATRIÈME CONSÉQUENCE.

Il suit encore de cette quinzième Proposition, que si on augmente le poids A successivement, & qu'on veuille faire choquer les boules avec des quantitez de mouvement égales entre elles, sans changer la vitesse respective; le point C s'approchera de plus en plus du point A, & les quantitez de mouvement seront augmentées, aussi bien que la vitesse de la boule B. Par exemple, si les boules sont égales & que la ligne A B soit divisée en 24 parties, A C sera 12 & B C 12; & la somme de leurs quantitez de mouvement devant & après le choc sera 24: mais si la boule A est trois fois plus pesante que la boule B, A C sera 6 & B C 18. D'où il arrivera que ces boules s'étant choquées avec des vitesses réciproques à leurs poids au point C, la boule A prendra 6 degrez de vitesse en arrière, & la boule B 18, & la somme de leurs quantitez de mouvement sera 36; au lieu que quand les boules sont égales, cette somme n'est que 24, & la vitesse de la boule B n'est que 12.

Que si l'on veut que les quantitez de mouvement demeurent les mêmes, en augmentant successivement le poids de la boule A, la vitesse respective diminuera, mais la boule B aura toûjours la même vitesse en arrière; comme si les boules sont égales, & leurs vitesses égales de 12 chacune, leur vitesse respective sera 24, & la somme de leurs quantitez de mouvement devant & après le choc sera 24. Que si la boule A est trois fois plus pésante que la boule B, A C sera 4 & B C 12, la vitesse respective ne sera plus que 16, la vitesse de la boule B en arrière sera encore 12, & la somme des quantitez de mouvement des deux boules sera toûjours 24 devant & après le choc.

Que si la boule A pèse douze fois autant que la boule B, A C sera l'unité & B C 12, & après le choc la vitesse de la boule B sera encore 12, la vitesse respective ne sera plus que 13, & la somme des quantitez de mouvement sera toûjours 24.

Par ces exemples on voit, qu'en ce second cas la vitesse de la boule B demeure toûjours la même après le choc, quoi qu'on augmente successive-

cessivement le poids de la boule A; mais que dans le premier cas, la vitesse de la boule B en arrière devient successivement plus grande, si la vitesse respective demeurant la même, on augmente successivement la boule A: & on trouvera ces régles conformes à toutes les expériences qu'on en pourra faire, si on ôte de ces mesures environ un douzième à cause de la résistance de l'air, de l'imperfection du ressort, & de quelques autres empêchemens.

Quelques uns pourroient objecter que des boules inégales s'étant mises en ressort, elles ne prennent pas une égale quantité de mouvement de part & d'autre par la vertu du ressort, mais qu'elles suivent d'autres régles: par exemple, que les quantitez de mouvement que prennent les boules inégales après le choc, sont entre elles comme leurs poids; ou bien qu'elles sont entre elles selon la raison réciproque de leurs poids.

Pour détruire ces objections, on peut soûtenir que la régle qui est établie dans la première Conséquence de cette Proposition 15[e] est plus vrai-semblable qu'aucune de ces deux autres, puisque le ressort est disposé à faire un effort égal de part & d'autre, & qu'il est également facile de repousser, par exemple, un poids d'une livre avec trois degrez de vitesse, qu'un poids de trois livres avec un degré de vitesse; mais si on ne se contente point de cette vrai-semblance, il faut avoir recours à l'expérience. Or si la régle de la nature étoit que les boules à ressort après s'être arrêtées par le choc dûssent retourner en arrière avec des quantitez de mouvemens réciproques à leurs poids, il arriveroit qu'une boule de trois livres & une d'une livre s'étant rencontrées, la première aiant une vitesse de quatre degrez & l'autre une vitesse de douze degrez, la somme de leurs quantitez de mouvement seroit 24, & que la petite prenant les trois quarts de cette somme suivant cette régle, retourneroit en arrière avec 18 degrez de vitesse, & la grosse avec deux degrez seulement; car par ce moïen la grosse auroit 6 de quantité de mouvement, & la petite trois fois autant, sçavoir 18, & par conséquent elle auroit 18 de vitesse, ce qui est manifestement contre l'expérience, puisque la boule A de trois onces étant élevée à quatre degrez dans la machine de la Proposition 3e, & la petite B d'une once à 12 degrez, la grosse après le choc retournera à plus de 3 degrez & demi en arrière, & la petite à 11 degrez seulement.

Que si l'autre régle étoit véritable, les deux boules devroient remonter après le choc aussi haut l'une que l'autre, sçavoir à 6 degrez chacune, afin que la grosse eût 18 de quantité de mouvement, & la petite 6 qui est le tiers de 18, ce qui est encore très-éloigné de ce que l'expérience fait voir. D'où il s'ensuit que ces régles sont très-fausses & qu'on peut les proposer pour des loix de la nature sans une extrême témérité

On peut emploïer ces raisonnemens pour expliquer le recul des canons & des autres machines à balles. Car, par exemple, si l'on a un petit mortier chargé d'une balle dont le poids soit huit fois moindre que ce-

celui du mortier, & qu'on le place horifontalement, en forte que rien n'empêche fon recul, on doit croire que la poudre étant enflammée fera par le reffort de fa flamme le même effet fur le mortier & fur la balle que le reffort fait fur deux boules inégales; c'eft-à-dire, que les viteffes de ces deux corps en fe féparant feront en raifon réciproque de leurs poids, & que la balle ira avec une viteffe huit fois plus grande que celle avec laquelle le mortier reculera. Le même effet fe fera dans les canons; mais fi on augmente fucceffivement leurs poids, le boulet demeurant le même, il prendra fucceffivement de plus grandes viteffes, & ne fuivra pas la régle expliquée dans le 2e. cas de la 4e. Conféquence de cette Propofition 15e. Cette différence procéde de ce que le choc des boules d'yvoire ou d'autres matières à reffort ferme, ne les fait enfoncer que bien peu, comme d'un quart de ligne ou d'une demi ligne; & qu'elles fe repouffent très-foudainement, fans que leur reffort acquière aucune nouvelle force. Mais dans les canons la force du reffort de la flamme s'augmente lorfqu'il s'y allume davantage de poudre, & l'accélération de la viteffe du boulet continue à mefure que l'efpace qu'il parcourt pendant qu'il eft dans le canon, eft plus grand; ce qui augmente néceffairement fa viteffe: on peut expliquer cet effet en la manière fuivante.

On fuppofe que la poudre s'allume fucceffivement dans le canon, & que dès qu'il y en a un peu d'allumée, le boulet commence à fe mouvoir, s'il peut couler librement. Soit donc A B l'intérieur du canon, A C l'efpace qu'occupe la poudre, D le centre du boulet. Or fi on fuppofe que le canon & le boulet foient d'un poids égal, il eft évident par la première Conféquence de la Propofition quinzième, qu'une partie fuffifante de la poudre A C étant enflammée & mife en reffort, elle les pouffera également de part & d'autre, & que fi D B eft divifée également en E, l'extrémité B du canon reculera de la longueur B E; & fi E eft un point immobile, également éloigné des points D & B, le point B & le centre du boulet arriveront en même tems à ce point E, & le boulet fortant alors hors du canon, fa viteffe ne fera plus accélérée, du moins confidérablement. Mais fi le canon pèfe 50 fois plus que le boulet, il arrivera que lorfque le boulet fera arrivé au point E, le point B ne fera retourné en arrière que jufques à un point comme G, & par conféquent la flamme de la poudre qui continuera de s'allumer, fe joignant à la première, augmentera la force du reffort, & pouffera le boulet avec plus de viteffe, & continuera à l'accélérer de plus en plus, pendant qu'il parcourra encore dans le canon un efpace égal à E H, fi l'extrémité du canon pendant ce même tems arrive en reculant jufques à ce point H.

TAB. II. Fig. XVI.

Que fi le canon pèfe 100 fois davantage que le boulet, il pourra ne reculer que de l'efpace B G, pendant que le boulet parcourra l'efpace D G, & cet efpace étant plus grand que D H, la viteffe du boulet fera

ra encore augmentée, & celle du canon aussi; & dans tous ces cas, ces vitesses seront toûjours selon la raison réciproque des poids: & enfin si le canon est appuïé contre un corps sensiblement inébranlable, le boulet parcourra sensiblement tout l'espace DB, & par conséquent il s'allumera plus de poudre, & l'accélération de la vitesse du boulet se faisant dans un plus grand espace, par une égale ou plus grande force de ressort, il ira encore plus loin.

Il est aisé de juger que cette augmentation de vitesse a un terme qu'elle ne peut passer, quoiqu'on augmente la longueur du canon. Car supposé que le canon eût 30 pieds de longueur & que toute la poudre fût allumée au moment que le boulet sortiroit, la vitesse diminueroit nécessairement, si le canon avoit 80 pieds de longueur: car lorsque la flamme de toute la poudre occuperoit 60 pieds, sa condensation & son ressort seroient moindres que lorsqu'elle n'occupoit que 30 pieds, & par conséquent elle n'auroit plus tant de force pour pousser le boulet, & cesseroit d'accélérer son mouvement; d'où il s'ensuit que le frottement qu'il feroit contre le métail du canon, dans l'espace des 20 pieds restans, retardant encore sa vitesse considérablement, il n'iroit pas si vîte au sortir du canon de 80 pieds, que lorsque sa longueur seroit seulement de 30 pieds.

On a fait l'expérience de la proportion réciproque des poids & des vitesses des canons & des boulets en la manière suivante. On suspendit un canon de pistolet vers ses extrémitez avec deux petits filets d'un pied de longueur qu'on atacha à un plus grand de 33 pieds de hauteur. On suspendit de même & à même hauteur un petit cylindre de fer; les filets de suspension étoient à un pied de distance l'un de l'autre: & après avoir chargé le canon d'un peu de poudre pesant environ 12 grains de blé, on la pressa avec du papier, & on mit encore sur le papier un petit bâton de bois fort léger, & ensuite au lieu de balle on fit entrer le petit cylindre de fer dans le canon jusques à ce qu'il touchât le bâton; le canon pesoit 6 fois $\frac{2}{3}$ autant que le cylindre de fer avec le bâton & le papier, & le tout étant en une situation horisontale on mit le feu à la poudre; le canon recula jusques à 8 pieds' & le cylindre de fer s'éleva à une circonférence de cercle d'environ 45 pieds, le produit de 8 par 6$\frac{2}{3}$ est 53 à peu près, & selon la régle de la raison réciproque des poids & des vitesses, le cylindre devoit s'élever à 53 pieds: on atribua les 8 pieds de différence à la résistance de l'air; car aiant éloigné le même cylindre à 20 pieds de son point de repos, & l'aiant laissé aller, il ne passa que de 16 pieds au-delà de ce point, au lieu que le canon aiant été élevé de même il alla jusques à 19 pieds. On fit une autre expérience, où le canon n'alla qu'à 4 pieds & demi, aiant été moins chargé de poudre, & le cylindre de fer à 26 pieds $\frac{1}{2}$; il devoit aller à 30 pieds selon la régle, sans la résistance de l'air: mais si on faisoit le calcul selon l'hypothése que le ressort doit donner des quantitez de mouvement

ment selon la raison réciproque des poids, il eût dû aller à 200 pieds, faisant abstraction de la résistance de l'air ; car le canon aiant reculé avec 30 de quantité de mouvement, celle du cylindre auroit dû être le produit de 30 par $6\frac{2}{3}$; ce qui est bien éloigné de la quantité de mouvement de $26\frac{1}{2}$ qu'il prit, & qui fait voir manifestement l'absurdité de cette hypothèse.

On décrivit ensuite contre un mur deux quarts de cercle comme ceux de la figure 3e ; ils avoient 10 pieds de rayon : l'éloignement des fils de suspension étoit d'environ cinq pouces : on se servit d'un canon dont le calibre étoit fort petit ; mais il étoit chargé de plomb en dehors, en sorte qu'il pesoit cinq fois autant que le petit cylindre de plomb qui servoit de balle, dont le poids étoit de 3 onces. La poudre qu'on mettoit dans le canon n'étoit que de la pesanteur de trois grains de blé. Voici une table des expériences qu'on fit

Recul du canon.	*Élévation du cylindre.*
9 degrez $\frac{1}{2}$	47 degrez
5 degrez $\frac{1}{4}$	26 degrez
16 degrez $\frac{1}{4}$	82 degrez
13 degrez $\frac{1}{2}$	67 degrez
8 degrez	40 degrez $\frac{1}{4}$

Toutes ces expériences se rapportent à fort peu près à la proportion réciproque des poids & des vitesses. Mais le petit cylindre devoit toûjours aller un peu moins haut, si les arcs étoient précisément comme les vitesses, à cause que la résistance de l'air devoit toûjours diminuer le nombre des degrez. Mais les grands arcs sont toûjours plus grands, que selon la proportion des vitesses, comme au second exemple le sinus verse de 5 degrez $\frac{1}{4}$ est 420, lequel multiplié par 25, quarré de 5, qui est la raison des poids, donne 10500 sinus verse de 26 degrez $\frac{1}{2}$ à peu près, & non de $26\frac{1}{4}$, nombre quintuple de $5\frac{1}{4}$; & cette diminution d'un demi degré doit être atribuée à la résistance de l'air. On connoîtra par un semblable calcul que dans le 3e. exemple le produit de 3995 sinus verse de $16\frac{1}{4}$ par 25 est 99875 sinus verse de 89 degrez 55 minutes, & sans la résistance de l'air le petit cylindre se seroit élevé à cette hauteur à peu près ; mais cette résistance retardant beaucoup les grandes élévations, il ne s'éleva qu'à environ 82 degrez. Or quoiqu'un canon ne soit chargé que de poudre, il ne laissera pas de reculer ; parce que l'air s'opposant à la vitesse de la flamme qui sort, elle se serre & se met en ressort, & elle se sert aussi du ressort de l'air comme d'un appui, pour repousser le canon en arrière, de la même sorte à peu près qu'une rame s'appuïe contre l'eau pour faire avancer un bâteau. On voit un semblable effet dans les fusées, dont la flamme choquant l'air avec

 im-

impétuosité, donne un mouvement en arrière au corps de la fusée ; & si l'on suspend un vaisseau cylindrique plein d'eau, où l'on ait ajusté un peu plus haut que la base un petit tuïau oblique, l'eau qui jaillira par ce petit tuïau, donnera un mouvement circulaire assez vîte à ce vaisseau par le choc de l'air, ou par le choc de l'eau, si on le met dans un vaisseau plein d'eau sans qu'il touche au fond.

PROPOSITION XVI.

SI deux corps à ressort sont égaux, & que l'un choque directement l'autre en repos; ce dernier prendra la vitesse entière de l'autre après le choc, & le fera rester sans mouvement.

TAB. I. Fig. 10. Soient deux ballons égaux A & B, & que le ballon A choque l'autre en B avec quelque vitesse qu'on voudra, qu'on appellera de 4 degrez. Je dis que le ballon A demeurera en repos après le choc, & que l'autre prendra la même vitesse de 4 degrez; car par la Proposition 10[e]. ces ballons, après le choc & sur la fin de leur aplatissement, prendroient ensemble une vitesse de 2 degrez par le mouvement simple. Mais par la 3[e]. Proposition, la force du choc en B est égale à celle qui se fait en C par les 2 corps mûs l'un contre l'autre avec des vitesses égales. Donc ils se mettront en ressort de même, & par la seconde Conséquence de la précédente, ces ballons partageront également la vitesse respective qui a produit le ressort, laquelle étant de quatre degrez comme nous l'avons supposée, chacun en prendra deux degrez. Donc le ballon A devant s'avancer avec une vitesse de deux degrez par le mouvement simple, & retourner en arrière avec une vitesse de deux degrez par le mouvement de ressort; l'un de ces mouvemens détruira l'autre par la seconde Proposition, & le ballon A demeurera en repos: mais le ballon B s'avançant avec une vitesse de deux degrez par le mouvement simple, & prenant encore une vitesse de deux degrez de même part par le mouvement de ressort, il aura après le choc une vitesse de quatre degrez par la seconde Proposition, sçavoir la vitesse entière du ballon A avant le choc. La même chose arrivera aux boules à ressort ferme. Donc si un corps à ressort, &c. ce qu'il faloit prouver.

CONSÉQUENCE.

Il s'ensuit qu'un corps à ressort choquant directement un autre corps à ressort moindre en poids, ils s'avanceront tous deux après le choc; & que si le corps choqué est le plus pesant, le corps choquant retournera en arrière. Car au premier cas, celui qui choque, prendra plus que la moitié de sa vitesse première par le mouvement simple, par la dixième Proposition: & par la quinzième, ou ses Conséquences, il pren-

prendra moins que la moitié de la même vitesse, retournant en arrière par le mouvement de ressort. Donc cette dernière vitesse ne détruira pas l'autre entièrement. Le second cas se prouvera facilement par les mêmes Propositions dixième & quinzième.

AVERTISSEMENT.

ON expliquera l'aplatissement des ballons & leur ressort en suite, comme on a expliqué l'aplatissement des boules molles sans ressort dans l'Avertissement de la Proposition dixième. Car pour l'aplatissement, il se fait de même que celui des boules molles, & le mouvement simple se communique de même ; & s'ils demeuroient dans leur aplatissement, ils s'avanceroient de même ensemble : mais la force de leurs ressorts les restitue en leur première figure par les mêmes degrez que l'aplatissement s'est fait, pendant qu'ils commencent à s'avancer par le mouvement simple ; & par ce moïen il se fait en chaque ballon un mêlange de ces deux mouvemens. On expliquera de même l'aplatissement & la restitution des boules à ressort ferme, comme celles d'yvoire, de verre, &c.

Il est aisé de juger, que les corps qui ont un ressort lent comme les ballons, s'avancent un peu par le mouvement simple, pendant que leur ressort les restituant en leur première figure, leur donne le mouvement de réflexion ; & que par cette raison, un ballon qui en choque directement un autre, passe un peu au-delà du point de rencontre après le choc, & ne s'y arrête pas précisément ; mais que ce mouvement en avant doit être insensible dans les boules qui ont un ressort prompt & ferme.

Il faut encore considérer, que si une boule à ressort, roulant bien vîte sur quelque surface plane, rencontre directement une autre boule en repos de même matière & de pareil poids, elle ne perdra pas tout son mouvement ; comme on le voit par l'expérience dans les jeux de billard. Ce qui procéde de ce qu'elle ne donne à l'autre boule que sa vitesse directe ; mais elle ne lui donne pas son mouvement en rond, & elle le conserve ; ce qui la fait encore rouler & suivre l'autre avec une vitesse considérable. La même chose arrivera, quoique la boule qui choque, ne roule pas, si les deux boules ont un ressort imparfait ; parce que ces boules ne se séparent pas avec leur première vitesse respective, à cause de la foiblesse de leurs ressorts. On en peut voir l'expérience, TAB. I.
si les boules G & H sont de bois, & d'un même poids ; car si l'une Fig. 3.
choque l'autre en repos, elle ne lui donnera pas toute sa vitesse, mais elle en conservera une partie qui la fera un peu avancer après le choc.

PROPOSITION XVII.

SI deux boules à ressort égales se choquent avec des vitesses inégales, elles feront échange de leurs vitesses.

TAB. I. Fig. 1. Soient deux boules égales à ressort A & B, & soit premièrement C le point où elles se rencontrent avec les vitesses AC, BC inégales, & soit AD égale à BD. Or si elles étoient sans ressort, elles s'avanceroient ensemble après le choc en C avec une vitesse égale à la vitesse DC vers A, par la Proposition treizième. Mais par la seconde Conséquence de la 5e. chacune d'elles prendra par le ressort une vitesse égale à la vitesse AD ou DB en se séparant. Donc la boule B s'avançant avec la vitesse DC par le mouvement simple, & retournant en arrière avec la vitesse contraire AD, par le mouvement de ressort, il ne lui restera que la vitesse AC, différence des vitesses AD, CD, par la 2e. Proposition; & la boule A s'avançant de C vers A avec la vitesse CD par le mouvement simple, & avec la vitesse BD par le mouvement de ressort, elle ira avec une vitesse composée de ces deux, sçavoir BC, par la seconde Proposition; & par conséquent les deux boules feront échange de leurs vitesses. Il est encore manifeste qu'elles feront échange de leurs directions.

TAB. I. Fig. 1. Soient maintenant leurs vitesses AE, BE, & E leur point de rencontre hors la ligne AB prolongée. Or, par la treizième Proposition, leur vitesse commune après le choc seroit égale à la vitesse DE, si elles étoient sans ressort. Mais le ressort, par la seconde Conséquence de la quinzième, ajoûte à la boule B la vitesse AD du même côté: donc elle ira après le choc avec la vitesse AE, qui étoit celle de la boule A avant le choc; & parce que le ressort fait retourner en arrière la boule A avec la même vitesse AD ou BD par les mêmes raisons, cette vitesse BD étant ôtée de la vitesse du mouvement simple DE, il ne restera à la boule A que la vitesse BE, qui étoit celle de la boule B avant le choc: donc elles feront échange de leurs vitesses après le choc. On fera voir la même chose en quelque autre point qu'elles se rencontrent directement en la ligne AB, ou hors icelle prolongée de part ou d'autre. Donc si deux corps à ressort sont égaux, &c. ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

SOit au premier cas la vitesse AC d'un degré, & la vitesse contraire BC de trois degrez, Donc, par la douzième Proposition, les deux boules ensemble iroient avec une vitesse d'un degré de B vers A, si elles étoient sans ressort. Mais leur vitesse respective étant de quatre degrez, chacune en prendra deux degrez par le ressort, par la seconde Conséquence de la quinzième. Donc la boule A ira avec trois degrez de vitesse, parce que ces deux vitesses sont de même part; & il n'en restera à la boule

le B qu'un degré, parce que sa vitesse de ressort est contraire à sa vitesse simple; & par conséquent elles auront échangé leurs vitesses.

Et si la vitesse AE au second cas est de six degrez, BE sera de deux degrez, & la somme des quantitez de mouvement des deux boules avant le choc sera huit. Donc, par la quatrième Proposition, leur vitesse commune après le choc seroit de quatre degrez, si elles étoient sans ressort. Mais leur vitesse respective étant de quatre degrez, la boule B en prendra par le ressort deux degrez de même part. Donc sa vitesse totale sera de six degrez, par la quatrième Supposition; & si l'on ôte deux à la vitesse de la boule A, qui étoit de quatre degrez par le mouvement simple, il ne lui en restera que deux degrez; & par conséquent ces deux boules auront échangé leurs vitesses après le choc.

PROPOSITION XVIII.

SOit une boule A triple d'une autre B, & qu'elles se choquent avec des vitesses égales & uniformes; je dis que la boule A après le choc demeurera en repos, & que la moindre boule B retournera en arrière avec une vitesse double de celle qu'elle avoit avant le choc. Car supposons que la boule A pèse trois onces & la boule B une once, & qu'elles se choquent, aiant chacune une vitesse propre de douze degrez. Or si elles étoient sans ressort, leur vitesse commune après le choc seroit de six degrez selon la direction de la boule A, par la douzième Proposition; car la quantité de mouvement de B, sçavoir douze, se perdroit, & il s'en perdroit autant de celle de A qui étoit 36, & il ne lui resteroit que 24 de quantité de mouvement, lequel nombre étant divisé par la somme des poids, sçavoir quatre, donne six pour quotient. Mais leur vitesse respective étant de 24 degrez, la boule A par le ressort prendra six degrez de cette vitesse en arrière, & la boule B 18 degrez, par la seconde Conséquence de la quinzième. Donc la boule A s'avançant de six degrez de vitesse par le mouvement simple, & retournant en arrière avec six degrez de vitesse par le mouvement de ressort, elle demeurera en repos, par la seconde Proposition. Mais la vitesse de la boule B étant de 6 degrez par le mouvement simple & de 18 degrez par le mouvement de ressort de même part, sa vitesse après le choc sera composée de ces deux vitesses par la seconde Proposition. Donc après le choc elle ira d'une vitesse de vingt-quatre degrez, qui est double de sa première vitesse.

CONSÉQUENCE.

IL s'ensuit que si deux corps à ressort inégaux se choquent directement avec des vitesses égales, & que le poids du plus pesant soit plus que triple du poids de l'autre, ils s'avanceront tous deux après le choc selon la direction du plus pesant; & que s'il est moins que triple, chacun

cun de ces corps retournera en arrière : ce qu'on prouvera par des raisons semblables à celles de la Conséquence de la Proposition seizième.

AVERTISSEMENT.

L*Es expériences qu'on fera suivant cette Proposition, feront voir manifestement la fausseté de l'hypothèse*, Que les corps inégaux mis en ressort, reprennent par la force, des quantitez de mouvement selon la raison réciproque de leurs poids. *Car si on met une boule d'yvoire de trois onces sur le douzième degré de la machine de la Proposition troisième, & une d'une once sur le douzième degré de l'autre part; on verra qu'après le choc la grosse boule demeurera immobile, & par conséquent qu'elle sera retournée en arrière de six degrez de vitesse, puisqu'étant sans ressort, elle se seroit avancée de six degrez, par la Proposition 12e. Or, si on multiplie ces six degrez de vitesse en arrière, par trois de poids, on trouvera que la quantité de mouvement de la grosse boule en arrière aura été de 18, & que suivant cette fausse hypothèse, la boule d'une once en devroit prendre trois fois autant, sçavoir 54, qui divisés par l'unité, qui est le poids de cette boule, donneroit 54 degrez de vitesse, lesquels étant joints aux six degrez du mouvement simple, composeroient une vitesse de 60 degrez, qui feroit élever la boule d'une once jusques au soixantième degré, ou du moins jusques au 54e. à cause de la résistance de l'air; au lieu qu'elle ne s'élévera qu'à la hauteur de 22 degrez à peu près, d'où l'on connoîtra évidemment que cette hypothèse est fausse.*

PROPOSITION XIX.

TAB. I. Fig. 13. SI une ligne comme AB est divisée au point C en la raison réciproque des poids des corps A & B, & aussi au point D, selon la raison des vitesses avec lesquelles ils se choquent; c'est-à-dire, que si BC est à CA, comme le poids du corps A est au poids du corps B, & que AD soit à BD, comme la vitesse du corps A à la vitesse du corps B, & que CE soit faite égale à CD; la ligne EA sera la vitesse du corps A, selon la direction de E vers A, & EB la vitesse du corps B, selon la direction de E vers B après le choc en D. Car par la Proposition treizième, si ces corps étoient sans ressort, ils s'avanceroient ensemble avec une vitesse égale à CD du côté de B: mais les vitesses produites par le ressort étant les mêmes dans chacun de ces corps, que s'ils s'étoient rencontrés avec les vitesses AC, BC, par la seconde Conséquence de la Proposition quinzième, le corps A prendra par le ressort une vitesse égale à la vitesse AC, selon la direction de C en A, & celle que prendra le corps B par le ressort sera égale à la vitesse CB, selon la direction de C en B: or cette dernière étant ajoûtée à celle du mouvement simple, sçavoir CD ou EC, la ligne entière EB sera la vitesse du corps B après le choc, par la seconde Proposition: mais si l'on

l'on ôte la même viteſſe EC, de la viteſſe CA produite par le reſſort, à cauſe qu'elles ont une direction contraire, le reſte EA ſera la viteſſe du corps A après le choc, par la même ſeconde Propoſition.

Que ſi *d* eſt le point du choc, la ligne C *d* étant plus grande que CA, & que la ligne BA étant prolongée en C *e* δ, C *e* ſoit égale à CD, le point *e* paſſera au delà du point A dans la ligne AB prolongée; ce qui fera voir que la direction du corps A, après le choc, ſera du côté du point B, & que ſa viteſſe ſera *e* A, & celle du corps B, *e* B; car en ce cas, la viteſſe C A produite par le reſſort dans le corps AB étant moindre que celle du mouvement ſimple C *d*, il reſtera du mouvement au corps A du côté de B ſelon la viteſſe *e* A, différence des viteſſes C *d*, C A, par la ſeconde Propoſition; mais à l'égard du moindre corps B, ſon mouvement ſimple & ſon mouvement de reſſort ſont encore d'un même côté, & par conſéquent la ligne entière *e* B, ſomme des deux lignes C *d* ou C *e*, & CB, ſera ſa viteſſe après le choc, par la même ſeconde Propoſition,

Que ſi C D en la ligne AB eſt égale à AC, il eſt manifeſte que le point E tombera ſur le point A; ce qui fera connoître que le corps A demeurera ſans mouvement après le choc, & que le corps B aura la viteſſe reſpective entière A B: & ſi C δ eſt égale à C B, le point δ étant au delà du point A dans la ligne B A prolongée, le point E tombera ſur le point B: ce qui fera connoître que ſi les deux corps ſe recontrent en ce point δ, hors la ligne A B, avec les viteſſes propres A δ, B δ, le corps B demeurera ſans mouvement après le choc, & le corps A aura la viteſſe & la direction B A; ce qu'on prouvera par les mêmes raiſons: & en quelque autre point qu'on ait pris le point D, ſoit en la ligne AB, ſoit en ſes extrémitez A ou B, ou hors cette même ligne prolongée de part & d'autre; on trouvera la viteſſe & la direction des deux corps après le choc, & l'on en fera la démonſtration de même, par les Propoſitions, ſeconde, treizième, & quinzième ou ſes Conſéquences.

AVERTISSEMENT.

ON peut appliquer cette démonſtration aux pendules de la première Propoſition, en prenant un arc tel qu'on voudra pour la ligne droite AB de la douzième ou treizième figure, afin de repréſenter la viteſſe reſpective des deux boules G & H, quelque proportion qu'on veuille donner à leurs viteſſes propres: comme ſi ces boules étant d'yvoire, la boule G pèſe ſix onces & la boule H quatorze, & qu'on veuille les faire choquer en ſorte que la boule G demeure en repos après le choc, on prendra pour leur viteſſe reſpective un arc de vingt degrez, à cauſe que la ſomme des poids eſt 20; *on élévera la boule G à vingt huit degrez, afin que ce nombre ſoit double de* 14, *comme B* δ *en la ligne AB prolongée eſt double de BC, & la boule H à huit degrez du même côté, afin que la diſtance des boules ſoit toûjours de vingt degrez,* TAB. I. Fig. 3. TAB. I. Fig. 13.

grez, & ces huit degrez sont la différence des poids quatorze & six, comme Aδ est la différence de AC, BC. Alors si on laisse aller en même tems ces boules, G demeurera en repos après le choc, & H s'élévera de l'autre côté jusques au vingtième degré (on fait toûjours abstraction de la résistance de l'air); ce qui est aisé à prouver par les Propositions treizième & quatorzième, &c.

Que si l'on veut que ce soit la boule H qui demeure en repos, il faut l'élever à douze degrez vers N, afin que ce nombre soit double de 6, qui dénote le poids de l'autre boule, & élever l'autre vers M à 8 degrez, différence de douze & de vingt; & l'on verra, si on les laisse aller en même tems, que la boule H demeurera en repos après le choc, & que l'autre remontera jusques au vingtième degré. On pourra faire par cette méthode les expériences de tous les mouvemens qu'on aura démontré devoir arriver à deux boules à ressort, quelles que soient les proportions de leurs poids & de leurs vitesses, lorsqu'elles se choquent directement.

PROPOSITION XX.

SI deux corps égaux ou inégaux à ressort se sont choqués directement, soit que tous deux fussent en mouvement, ou qu'il n'y en eût qu'un seul, & qu'ils se choquent une seconde fois avec les vitesses acquises par le premier choc; ils reprendront, après le second choc, la même vitesse propre, ou le repos, que chacun avoit avant le premier choc.

TAB. I. Fig. 13. Soient les boules à ressort A & B, se choquant au point D avec les vitesses propres, A D, B D; & qu'après le choc la vitesse de la boule A soit E A, & celle de la boule B, E B. Je dis que si elles se choquent dérechef avec les vitesses acquises AE, BE, la boule A reprendra après le second choc sa vitesse première A D, & B sa vitesse première BD.

Soit AB divisée en C, selon la proportion des poids de ces boules. Or CE par la précédente sera égale à CD, à cause que le premier choc s'est fait avec les vitesses AD, B D. Mais A E étant la vitesse de la boule A, & BE celle de la boule B au second choc, & CD étant égale à CE; DA sera la vitesse de la boule A après le second choc, & DB celle de la boule B, par la précédente, qui sont les mêmes que ces boules avoient avant le premier choc. On fera voir la même chose en quelque autre proportion que soient les poids & les vitesses propres de ces boules avant le premier choc, & quelque vitesse que chacune d'elles en ait reçûe. Donc si deux corps égaux ou inégaux, &c. ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

TAB. I. Fig. 12. SUpposons que la boule A pèse trois onces & la boule B une once, & qu'elles se rencontrent au point D hors la ligne AB avec les vitesses

tesses A D de deux degrez, & B D de six degrez; B C sera égale à trois, & A C à l'unité, & C B, C D, seront égales. Or si ces boules étoient sans ressort, d'autant que la somme de leurs quantitez de mouvement est 12, leur vitesse commune après le choc seroit 3, & la vitesse de la boule A par le ressort étant A C ou l'unité, toute sa vitesse sera B A, c'est-à-dire, 4. De même la vitesse de ressort de la boule B étant 3, si on l'ôte de sa vitesse simple qui est aussi 3, à cause des directions contraires de ces deux mouvemens, cette boule restera sans mouvement.

Or la seule boule A frappant la boule B pour la seconde fois avec sa vitesse acquise de quatre degrez, les deux ensemble iroient avec une vitesse de trois degrez si elles étoient sans ressort; mais A en perdra un degré par le ressort, & B en prendra 3. Donc leurs vitesses après le deuxième choc seront A D ou 2, & B D ou 6, qui étoient leurs premières vitesses.

PREUVES PAR EXPÉRIENCE.

SI l'on suspend deux boules d'yvoire, dont l'une pése trois fois plus que l'autre, & qu'on les fasse choquer avec des vitesses égales, les élevant chacune à la hauteur d'un arc de douze degrez; on verra arrêter la grosse en son point de repos après le choc, & retourner l'autre en arrière jusques à la hauteur de vingt-quatre degrez: mais cette boule venant à frapper de nouveau la grosse boule demeurée en repos, elle la repoussera jusques au douzième degré, & retournera en arrière à la même hauteur de douze degrez, d'où elles viendront dérechef se choquer avec leurs premières vitesses, du moins à peu près, à cause de la résistance de l'air; & l'on verra encore les mêmes effets au troisième & quatrième choc. TAB. I. Fig. 3.

PROPOSITION XXI.

SI deux corps à ressort égaux ou inégaux se choquent directement avec des vitesses égales ou inégales, ils se sépareront après le choc avec la même vitesse respective, avec laquelle ils se sont rencontrés.

Soient A & B deux boules d'yvoire ou de jaspe qui se rencontrent dans la ligne A B, ou au delà en un point de cette ligne prolongée, avec des vitesses propres telles qu'on voudra, comme A E, B E, faisant ensemble la vitesse respective A B. Je dis qu'après le choc elles se sépareront avec la même vitesse respective: car si elles étoient sans ressort, elles demeureroient toutes deux sans mouvement, ou iroient ensemble, & elles ne se séparent que par la force de leurs ressorts. Mais la vitesse produite par la force des ressorts est toûjours la même que celle qui a produit les ressorts, par la quinzième Proposition, & ses Conséquences. Donc la vitesse respective avec laquelle ces boules se TAB. I. Fig. 13.

 sépa-

ſéparent après le choc, ſera la même que celle avec laquelle elles ſe rencontrent; ce qu'il faloit prouver.

PROPOSITION XXII.

SI un corps à reſſort choque directement un autre corps à reſſort, ſoit que le corps choqué ſoit en repos, ſoit qu'il s'avance de même part que l'autre, ſelon une même ligne de direction; la ſomme des quantitez de mouvement des deux enſemble après le choc ſera la même qu'avant le choc, s'ils s'avancent tous deux, ou ſi celui qui a choqué, demeure ſans mouvement. Mais ſi ce dernier corps retourne en arrière, la quantité de mouvement de celui qui s'avance, ſera plus grande que celle qu'avoit le corps qui s'eſt mû ſeul, ou les deux mûs de même part avant le choc; & l'excès ſera égal à la quantité de mouvement de celui qui retourne en arrière.

La première partie de cette Propoſition eſt facile à prouver. Car, s'ils étoient ſans reſſort, les deux quantitez de mouvement devant & après le choc ſeroient égales par la dixième & onzième Propoſition; mais par la première Conſéquence de la quinzième, les reſſorts produiſent la même quantité de mouvement en l'un & en l'autre de ces corps. Donc le recul de l'un par le mouvement de reſſort ôtera autant de la quantité de mouvement ſimple, que l'avance de l'autre y en ajoûtera, ſi celui qui a choqué, demeure ſans mouvement ou qu'il s'avance; & par conſéquent la ſomme des quantitez de mouvement devant & après le choc ſera toûjours la même.

La ſeconde partie ſe prouve en cette ſorte. Si le corps qui a choqué, ne retournoit pas en arrière, la ſomme des quantitez de mouvement après le choc ſeroit égale à celle qui précéde le choc, par la première partie. Mais autant que le corps qui retourne en arrière, prend de quantité de mouvement par ſon recul, à compter depuis le point de rencontre, autant s'en ajoûte-t-il à la quantité de mouvement de celui qui s'avance, par les Conſéquences de la quinzième. D'où il s'enſuit qu'il faudra ôter cette quantité de mouvement en arrière de celle du corps qui s'avance, afin que le reſte ſoit égal à la quantité de mouvement qui précéde le choc. Donc en ce cas la quantité de mouvement du corps qui s'avance, eſt plus grande que celle qui étoit avant le choc, & l'excès eſt égal à la quantité de mouvement du corps qui retourne en arrière; ce qu'on s'étoit propoſé de prouver.

PROPOSITION XXIII.

SI deux corps inégaux à reſſort ſe choquent directement avec des viteſſes contraires, non réciproques à leurs poids, & qu'ils s'avancent tous deux, ou que l'un d'eux demeure en repos après le choc; la ſomme de leurs quantitez de mouvement après le choc ſera égale à la différence de celles qu'ils

qu'ils avoient avant le choc. Mais si les deux corps retournent en arrière après s'être choqués, la somme de leurs quantitez de mouvement sera plus grande que cette différence, & l'excès sera égal au double de la quantité de mouvement de celui à qui il en reste le moins.

La première partie de cette Proposition se prouve ainsi.

Si ces corps étoient sans ressort, ils auroient ensemble après le choc une quantité de mouvement égale à la différence de celle qu'ils avoient avant le choc, par la Proposition douzième. Mais ces corps reçoivent chacun une égale quantité de mouvement par le ressort, par la première Conséquence de la quinzième: & ces quantitez égales de mouvement étant contraires, si l'une s'ajoûte au mouvement simple de l'un des corps, l'autre en détruit une égale dans l'autre corps. Donc il ne restera dans les deux corps pour la somme de leurs quantitez de mouvement, que la même qu'ils auroient s'ils étoient sans ressort, sçavoir la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc.

Pour ce qui est de la seconde partie. Si le corps qui a la moindre quantité de mouvement après le choc, n'étoit point retourné en arrière, depuis le point de rencontre; la somme des quantitez de mouvement des deux corps seroit égale à la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc, par la première partie. Il faut donc ajoûter à cette différence, la moindre quantité de mouvement en arrière, & encore une pareille dans l'autre corps, puisque le ressort en donne autant à l'un des corps qu'à l'autre par la première Conséquence de la quinzième; & par conséquent cette différence sera augmentée du double de la moindre quantité de mouvement.

EXEMPLES EN NOMBRES.

Supposons que deux boules d'yvoire A & B, la première de deux onces, & l'autre d'une once, se rencontrent directement avec des vitesses contraires inégales, sçavoir A avec une vitesse de cinq degrez, & B avec une vitesse d'un degré; la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc sera 9; & ce nombre divisé par 3, somme des poids, donnera pour quotient 3, qui seroit leur vitesse commune après le choc, si les boules étoient sans ressort. Mais leur vitesse respective étant de six degrez, la boule A en prendra deux en arrière, & par conséquent il ne lui restera qu'un degré de vitesse en avant; & sa quantité de mouvement sera 2; & la boule B prenant quatre degrez de ces six par le mouvement de ressort, elle en aura sept après le choc, lequel nombre sera aussi sa quantité de mouvement, par la quatrième Proposition; & la somme des deux sera neuf, égale à la différence des quantitez de mouvement avant le choc.

Que si ces boules se choquent avec des vitesses égales de trois degrez chacune, la différence de leurs quantitez de mouvement sera trois, & elles

elles iroient ensemble avec une vitesse d'un degré par leur mouvement simple. Mais A doit retourner en arrière avec deux degrez de vitesse par le mouvement de ressort, & par conséquent il retournera en arrière depuis le point de rencontre avec une vitesse d'un degré, & le reste de sa quantité de mouvement sera deux. Mais B prenant quatre degrez de vitesse par le mouvement de ressort, toute sa vitesse sera cinq, & sa quantité de mouvement cinq, qui étant ajoûtée à la quantité de mouvement de la boule A en arrière, sçavoir deux, la somme sera sept, qui est plus grande que la différence trois ci-dessus, & l'excès est quatre, double de la quantité de mouvement de la boule A en arrière, conformément à ce qui a été proposé

PROPOSITION XXIV.

Si le poids d'un corps à ressort est triple, ou moins que triple du poids d'un autre corps à ressort moindre, & qu'ils se choquent avec des vitesses égales; la somme de leurs quantitez de mouvement après le choc sera moindre qu'avant le choc, & la différence sera égale au quarré de la différence des poids des deux corps, si leur vitesse respective est exprimée par la somme de leurs poids.

TAB. I. Fig. 12. Soit le poids du corps A triple du poids du corps B, & que leur vitesse respective soit exprimée par quatre, nombre égal à la somme de leurs poids. Soit aussi la ligne A B divisée en quatre parties égales par les points C, *d*, *e*. Il est manifeste qu'elle sera divisée en C, en raison réciproque des poids, & que A C sera l'unité, B C, 3, & C *e* leur différence. Or si ces corps se rencontrent en *d*, avec les vitesses égales A *d*, B *d*; le rectangle A *d*, B C sera la quantité de mouvement du corps A avant le choc, & A C, *d* B, du corps B, & leur somme sera le rectangle B A *d*. Mais d'autant que C A est égale à C *d*, A demeurera en repos après le choc, par la dix-neuvième; & la quantité de mouvement de B, sera le rectangle B A C, moindre que le rectangle B A *d* du rectangle B A C, c'est-à-dire, du quarré de C *e*, moïenne proportionnelle entre B A, A C, laquelle ligne C *e* est la différence des lignes A C, B C, qui expriment les poids des deux corps, selon l'énoncé de la Proposition.

TAB. I. Fig. 13. Soit maintenant la proportion du poids du corps A, au poids du corps B, moindre que de trois à un; & soit la ligne A B divisée en C selon cette proportion, & en parties égales au point D. Il est manifeste que si ces corps se rencontrent en D directement avec les vitesses égales AD, BD, & que C E soit prise égale à C D; le point E tombera entre A & C, & que E A sera la vitesse du corps A, & E B celle du corps B en se séparant, par la dix-neuvième Proposition. Or si B *d* est égale à A C, C *d* sera la différence des poids des corps A & B. Il faut donc faire voir que les premières quantitez de mouvement, sçavoir les rectangles A D, B C,

B C, & B D, A C, furpaffent les fecondes quantitez de mouvement, fçavoir les rectangles E A, B C, & E B, A C, & que l'excès eft le quarré de C *d*, ce qui eft facile. Car le rectangle E A, B C eft moindre que le rectangle A D, B C, du rectangle E D, B C, & le rectangle E B, A C, excéde le rectangle D B, A C, du rectangle E D, A C. Or le rectangle E D, B C, qui eft ôté aux premières quantitez de mouvement, eft plus grand que le rectangle E D, A C, qui leur eft ajoûté; & l'excès eft le rectangle E D, C *d*, c'eft-à-dire le quarré de C *d*, différence des poids, puifque E C, C D, D *d*, font égales. Il eft encore évident que plus les poids approcheront de l'égalité, plus le point C fera près du point D, qui partage la ligne A B également; & que par conféquent les fommes des quantitez de mouvement devant & après le choc feront moins inégales; & qu'enfin, lorfque les poids feront égaux, le point C tombera fur le point D, & les fommes de ces quantitez de mouvemens feront égales, par la Propofition quinzième.

EXEMPLE EN NOMBRES.

SUppofons que le corps A pèfe fept onces, & le corps B trois onces, leur viteffe refpective fera dix. Or s'ils fe choquent avec des viteffes égales de cinq degrez chacune, leurs premières quantitez de mouvement feront 35 & 15, dont la fomme eft 50, & la différence 20. Donc s'ils étoient fans reffort, ils auroient deux degrez pour leur viteffe commune après le choc, par la douzième Propofition. Mais leur viteffe refpective étant dix, A en prendra trois en une direction contraire à celle de fon mouvement fimple, & par conféquent il ne lui reftera qu'un degré de viteffe, & fept de quantité de mouvement: & B, qui doit prendre fept degrez de viteffe par le mouvement de reffort de même part que les deux degrez de mouvement fimple, aura pour fa viteffe entière neuf degrez, & vingt-fept pour fa quantité de mouvement, laquelle étant jointe à celle du corps A la fomme fera 34, moindre que leur première fomme 50; & la différence eft 16, quarré de 4, différence de leurs poids, felon l'énoncé de la Propofition.

PROPOSITION XXV.

S'Il y a deux corps inégaux à reffort A & B, & que le moindre B étant en repos foit choqué directement par le plus pefant avec une viteffe dont les degrez foient exprimés par le nombre qui exprime la fomme des poids des deux corps; le corps B après le choc aura une viteffe dont les degrez feront exprimés par un nombre double du nombre du plus grand poids, & les degrez de viteffe que le corps A perdra, feront exprimés par le double du nombre du moindre poids.

D'autant que la viteffe commune du mouvement fimple des deux corps

corps après le choc, eſt égale au nombre du poids du corps A, par la ſeconde Conſéquence de la dixième Propoſition ; & que la première viteſſe du corps A eſt égale à la ſomme des nombres des poids, par l'hypothèſe; le corps A perdra par le mouvement ſimple un nombre de degrez de ſa viteſſe première, égal au nombre du poids du corps B. Mais ce même corps A par le mouvement de reſſort prend une viteſſe égale à ce même nombre, par la quinzième Propoſition; & cette ſeconde viteſſe aura une direction contraire à celle de ſon mouvement ſimple. Donc il perdra par les deux mouvemens un nombre de degrez de viteſſe égal au double du nombre du moindre poids. Et le corps B recevant par le mouvement ſimple une viteſſe dont le nombre des degrez eſt égal au nombre du poids du corps A, par la ſeconde Conſéquence de la Propoſition dixième, & par le mouvement de reſſort un pareil nombre de degrez de viteſſe, par la quinzième Propoſition; le nombre de degrez de ſa viteſſe entière après le choc ſera double du nombre du poids du corps A; ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Que le poids du corps A ſoit huit onces, & celui du corps B trois onces; la première viteſſe du corps A ſera onze, & les deux corps enſemble par le mouvement ſimple auront une viteſſe de huit degrez après le choc. Mais le corps B par le reſſort prendra encore une viteſſe de huit degrez de même part; donc toute ſa viteſſe ſera 16, nombre double du poids du corps A: & le corps A prenant par le reſſort une viteſſe de trois degrez, en une direction contraire, il ne lui en reſtera que cinq degrez après le choc, & par conſéquent il en aura perdu ſix, qui eſt un nombre double du moindre poids, ſelon l'énoncé de la Propoſition.

PROPOSITION XXVI.

S'Il y a deux corps inégaux à reſſort A & B, & que le plus peſant A étant en repos ſoit choqué par le plus léger, avec une viteſſe dont les degrez ſoient exprimés par le nombre qui exprime la ſomme des poids de deux corps; le corps A après le choc aura une quantité de mouvement double de celle du corps B avant le choc, diminuée du quarré du nombre qui exprime ſon poids; & les degrez de viteſſe que le corps B perdra, ſeront exprimés par le double du nombre qui exprime ſon poids.

D'autant que la viteſſe commune du mouvement ſimple des deux corps après le choc eſt égale au nombre du poids du corps B, par la ſeconde Conſéquence de la dixième Propoſition; & que la première viteſſe du corps B, eſt égale à la ſomme des nombres des poids par l'hypothèſe: le corps B prendra un nombre de degrez de viteſſe, égal au nom-

nombre de ſon poids par le mouvement ſimple, & par le reſſort il prendra une viteſſe égale au nombre du poids A, par la quinzième Propoſition, laquelle viteſſe de reſſort aura une direction contraire à celle du mouvement ſimple; & par conſéquent il ne lui reſtera que la différence des nombres des deux poids pour ſa viteſſe. Mais la différence de deux nombres inégaux eſt moindre que leur ſomme, du double du moindre nombre. Donc le corps B perdra par les deux mouvemens un nombre de degrez de viteſſe égal au double du nombre de ſon poids.

A l'égard du corps A, il recevra par le mouvement ſimple une viteſſe égale au nombre du poids B, par la ſeconde Conſéquence de la dixième Propoſition; & par le mouvement du reſſort, il recevra une viteſſe pareille de même part, par la quinzième Propoſition. Donc le nombre de ſa viteſſe entière ſera double du nombre du poids B, & ſa quantité de mouvement ſera le produit de ſon propre poids par le double du nombre du poids B. Mais la quantité de mouvement du corps B avant le choc eſt égale au produit de ſon poids par la ſomme des deux poids, puiſque ſa viteſſe eſt ſuppoſée égale à cette ſomme; & ſi de cette quantité de mouvement on ôte le quarré du nombre de ſon poids, le reſte ſera le produit du nombre de ſon poids par le nombre du poids du corps A. Donc la quantité de mouvement du corps A après le choc, ſera double de la quantité de mouvement du corps B, avant le choc, diminuée du quarré du nombre qui exprime ſon poids; & par conſéquent s'il y a deux corps inégaux à reſſort, &c. ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

QUe le poids du corps A ſoit huit onces, & le poids du corps B trois onces, la viteſſe du corps B avant le choc ſera onze, & ſa quantité de mouvement trente-trois, qui étant diminuée du quarré de ſon poids, ſçavoir neuf, il reſtera vingt-quatre. Or la viteſſe du mouvement ſimple des deux corps joints eſt trois, & le mouvement de reſſort ajoûtant encore trois degrez de viteſſe au corps A, ſa viteſſe après le choc ſera ſix, & ſa quantité de mouvement quarante-huit, double du nombre vingt-quatre ci-deſſus. Mais le corps B prendra par le reſſort une viteſſe en arrière de huit degrez, dont il faut ôter les trois degrez de mouvement ſimple, par la ſeconde Propoſition; & par conſéquent il ne lui reſtera que cinq degrez de viteſſe; donc ſa viteſſe ſera diminuée de ſix, nombre double de ſon poids. On voit par cet exemple, & par celui de la précédente, & il eſt aiſé de le démontrer univerſellement, que lorſque les poids demeurent les mêmes, quel que ſoit le corps qui choque, ſa viteſſe reſtante eſt toûjours la même, & la quantité de mouvement du corps choqué eſt auſſi la même: car en chacun de ces exemples la viteſſe qui reſte au corps qui choque, eſt cinq, & la quantité de mouvement du corps choqué eſt 48. La ſeule différence

 eſt,

eſt, que la viteſſe qui reſte au plus grand corps, eſt en avant, & celle du moindre en arrière.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit des deux Propoſitions précédentes, que le corps choqué prend autant de viteſſe & de quantité de mouvement par le mouvement ſimple, que par le mouvement de reſſort.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit auſſi que ſi l'on prend deux corps inégaux à reſſort de tel poids qu'on voudra, & que l'un des deux étant en repos ſoit choqué par l'autre directement avec une viteſſe égale au nombre de la ſomme de leurs poids, la ſomme de leurs viteſſes après le choc ſera triple de cette première viteſſe, moins quatre fois le nombre du moindre poids, ſi c'eſt le moindre corps qui ſoit en repos; & ſi c'eſt le plus grand, la ſomme de leurs quantitez de mouvement après le choc, ſera triple de la quantité de mouvement du moindre corps avant le choc, moins quatre fois le quarré du nombre du moindre poids.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Suppoſons que le corps A pèſe 100000 onces, & le corps B, une once. Or ſi c'eſt le moindre corps qui choque, ſa viteſſe première ſera 100001, & la quantité de mouvement du corps choqué ſera 200000, & celle qui reſtera dans le moindre corps ſera 99999, dont la ſomme ſera triple de la première quantité de mouvement du moindre corps, ſçavoir 100001 moins quatre, c'eſt-à-dire quatre fois le quarré de l'unité qui marque le moindre poids. Mais ſi le moindre corps eſt en repos, ſa viteſſe après le choc ſera 200000, & celle de l'autre 99999, dont la ſomme eſt auſſi triple moins quatre, de 100001.

On voit par cet exemple qu'on peut tellement augmenter l'inégalité des poids de ces corps, que la ſomme de leurs quantitez de mouvement ou de leurs viteſſes, après le choc, ſera triple de la première, moins une de ſes parties, plus petite qu'aucune qu'on puiſſe dire.

Cette ſeconde Conſéquence doit paſſer pour un paradoxe aſſez ſurprenant; car comment un corps peut-il donner une plus grande viteſſe, ou une plus grande quantité de mouvement à un autre corps que celle qu'il a, & conſerver la ſienne preſque toute entière? Mais cette merveille procéde de deux régles de la nature, qui ont été expliquées dans la troiſième Propoſition, & dans la quinzième; ſçavoir, que l'impreſſion mutuelle de deux corps l'un ſur l'autre eſt toûjours la même, quand la viteſſe reſpective avec laquelle ils ſe rencontrent directe-

rectement est la même ; & que quand ils se sont mis en ressort par leur choc, ils partagent leur vitesse respective, en raison réciproque de leurs poids : ce qui fait que quand c'est le plus grand corps qui choque, les vitesses sont augmentées, & les quantitez de mouvement demeurent égales ; & quand c'est le moindre corps, les quantitez de mouvement sont augmentées, & la somme des vitesses demeure égale.

Pour faire voir par l'expérience qu'un petit corps choqué par un plus grand reçoit presque le double de sa vitesse, il faut suspendre deux boules d'yvoire fort inégales en poids, comme si l'une pèse quatre gros, il faut que l'autre en pèse quatre-vingt. Elevez la plus grosse G, jusques à quatre-vingt-quatre degrez, ajoûtant cinquante-quatre degrez à l'arc LM, afin d'avoir une vitesse respective égale au nombre qui exprime la somme des poids : laissez aller cette boule contre l'autre, en sorte qu'elle la choque directement, & vous verrez que la petite boule ira de telle force qu'elle fera deux ou trois tours à l'entour des deux cloux, si elle ne rencontre rien. Or par ce qui a été dit, elle doit recevoir une vitesse double de celle qui la feroit remonter par un arc de cercle de quatre-vingt degrez, ou qui la feroit élever perpendiculairement à environ 40 pouces de hauteur, si les filets de suspension étoient de quatre pieds ; & par conséquent elle remonteroit à environ treize pieds de bas en haut, par cette vitesse double, par la seconde Supposition. Donc elle remonteroit plus haut que le diamétre entier du cercle du pendule. Mais étant retenue par le filet qui l'empêche de monter plus haut que huit pieds, elle emploïera en rond le reste de sa vitesse, qui lui fera faire deux ou trois tours à l'entour des cloux, nonobstant la résistance de l'air.

TAB. I. Fig. 3.

TROISIÈME CONSÉQUENCE.

IL suit aussi de ces deux Propositions, que si deux corps à ressort sont fort inégaux en poids, ils peuvent se rencontrer directement de telle sorte, que leurs secondes quantitez de mouvement ou leurs secondes vitesses ne seront à fort peu près que le tiers des premières ; c'est-à-dire, qu'il se perdra à fort peu près les deux tiers de leurs vitesses ou de leurs quantitez de mouvement par le choc. Car si les deux corps ci-dessus A & B, se choquent une seconde fois avec les vitesses acquises par le premier choc de l'un des deux corps, il n'en restera qu'un seul en mouvement après le second choc, par la vingtième Proposition, & il reprendra la même vitesse & la même quantité de mouvement qu'il avoit avant le premier choc. Donc, comme le premier choc avoit fait tripler à peu près la première vitesse ou la première quantité de mouvement, réciproquement le second la diminuera des deux tiers à peu près : comme si une boule à ressort cent mille fois plus pesante qu'une autre la choque en repos, avec une vitesse de 100001 degrez, leurs vitesses après le choc seront de 200000 degrez pour la moindre, & de 99999

pour la plus pesante: mais si elles viennent à se choquer une seconde fois, allant de même part avec ces vitesses acquises, la moindre demeurera sans mouvement après avoir choqué la plus pesante, & cette dernière reprendra sa première vitesse de 100001 degrez, qui excéde de fort peu le tiers de 299999 degrez, somme des deux quantitez de mouvement avant le second choc. Il est encore évident que lorsqu'un corps à ressort en choque un autre plus pesant en repos, plus ce dernier sera pesant, plus la vitesse du corps choquant sera grande en arrière, à cause de la plus grande résistance que fait le corps plus pesant, conformément à la Proposition cinquième: & qu'enfin si le corps choqué étoit si pesant qu'il fût sensiblement inébranlable, l'autre corps retourneroit en arrière sensiblement avec toute sa vitesse, conformément à la Proposition quatorzième. On trouvera encore facilement par le calcul, que si deux boulets de canon fort inégaux en poids se rencontroient directement avec des vitesses égales, le moindre retourneroit en arrière avec une vitesse qui seroit à peu près trois fois plus grande que celle qu'il auroit eûe avant le choc : par exemple, si le gros boulet pesoit quarante livres & le petit boulet une livre, leur vitesse respective étant exprimée par 82, nombre double de la somme de leurs poids, le petit boulet après le choc prendroit une vitesse en arrière de 119 qui seroit triple de sa première vitesse 41, moins 4, qui est le produit du moindre nombre par 4.

PROPOSITION XXVII.

TAB. I. Fig. 14. *Si l'on suspend un cerceau de fil de fer ou de bois neuf, comme le cercle ABCD, en sorte que les diamétres AHC, BHD, soient en un plan horisontal à peu près, & qu'on le frappe fortement avec un bâton ou autrement au point D, pour le faire avancer horisontalement selon la direction de la ligne DGHEBF; le point B ne s'avancera pas en même tems que le point choqué D, mais il ira en arrière du côté de D, comme en E, avant que d'aller en F.*

Pour bien prouver la nécessité d'un effet si surprenant, & en faire voir les causes; il faut considérer ce qui arrive à un fil de fer, comme AB, lorsqu'on le fait plier en le tenant par les deux bouts. Car il ne fait pas un angle rectiligne vers le milieu CD, puisque la partie convexe en C seroit trop étendue, & la partie concave trop serrée: mais il prendra une courbure comme *a*C*b*, en laquelle la partie du milieu CD sera un peu plus dilatée en sa convexité, & un peu plus serrée en sa concavité, qu'une autre partie proche, comme GH ou IL, & celles-ci plus que les parties MF, EN; puisque les longeurs *a*C, *b*C, tenant lieu de leviers qui s'appuïent sur le point D comme sur leur centre de mouvement pour faire plier ou pour rompre le fil de fer en C, y font un plus grand effort ensemble que les leviers *a*H, *b*H, en-

TAB. I. Fig. 15.

ensemble n'en font au point G; & de même à l'égard des autres points, comme il a été démontré par *Galilée* en son Traité de la *Résistance des Solides*, & comme l'expérience le fait voir.

Or si le même fil de fer AB de deux ou trois pieds de longueur, & d'environ deux lignes & demi d'épaisseur, est posé sur deux appuis O & P également distans du milieu *q* D, & qu'on le frappe fermement au point *q*, pour le pousser vers C; la partie *q* D sera avancée vers D C, avant que les extrémitez A & B se soient avancées de ce côté-là, ni même les parties NE, MF, à cause que le fil de fer est flexible. Mais, par ce que nous venons de dire, il ne se fera pas un angle rectiligne au point C, ou un mixte C N A; mais le fil de fer prendra une courbure comme N I C G M; & les parties restantes NA, MB, suivront cette courbure; & tout le fil de fer prendra la courbure *a* N C M *b*, à peu près de même que si on l'avoit plié en le tenant par les deux bouts; & par conséquent les extrémitez A & B iront en arrière, avant que de s'avancer du côté que le fil de fer est poussé. TAB. I. Fig. 15.

Pour en faire l'expérience, mettez un verre à boire vers l'extrémité A, en sorte que sa partie la plus avancée soit entre A & *a*, & un autre de même, proche du point B, chacun à trois ou quatre lignes de distance du fil de fer. Frappez fermement le fil de fer avec un bâton au point *q* pour le faire avancer vers D C, & vous verrez que ses extrémitez choqueront les verres avec une telle force, qu'elles les casseront; ce qui seroit impossible, si ces extrémitez ne se mouvoient en arrière, avant que de s'avancer.

On verra un effet presque semblable, & qui procéde des mêmes causes, si l'on tient une baguette flexible, horisontalement au-dessus d'une table à un pouce près; car si on la leve tout à coup avec une grande vitesse, son extrémité se pliera vers la table, & la touchera avant que de s'élever.

Aïez encore un fil de fer en demi cercle, comme ABC, dont le diamétre soit d'environ deux pieds, & le suspendez horisontalement par des filets qui y soient atachés entre A & B, & B & C. Frappez-le fermement au point B, pour faire avancer ce point selon la ligne BF: les points A & C n'iront pas au commencement de leur mouvement selon les lignes AE, CD, paralleles à B F; mais ils iront à côté selon le diamétre AC prolongé de part & d'autre, ou à peu près. C'est ce qu'on expliquera par les mêmes raisons du fil de fer qui casse les verres, & on le connoîtra par l'expérience, en mettant à côté une petite boule comme au point I, & une autre comme au point N: car la boule I ira comme en I L, & la boule N en NM, quand même la boule I seroit à deux pouces, à côté du point C dans le diamétre AC prolongé, & la boule N à deux ou trois lignes près de l'extrémité C dans la ligne CD: & si l'on met quelque plan vertical parallele au diamétre AC, en même situation que la ligne NO, & qu'on mette TAB. II. Fig. 16.

te un peu de cire en pointe qui couvre l'extrémité C, lorſqu'on pouſſera fermement le point B vers F, le mouvement du bout de la cire ſe fera par une ligne ſenſiblement parallele à N O; ce que l'on connoîtra, parce que le petit bout de la cire conſervera ſa figure; ce qui fera voir qu'elle n'aura pas touché, en s'écartant vers O, la ſurface repréſentée par la ligne N O.

TAB. I. Fig. 14. Ces choſes étant ſuppoſées, il eſt aiſé de faire voir ce qui a été propoſé à l'égard du cerceau. Car le point D étant pouſſé comme juſques en G, les extrémitez A & C du demi cercle A D C, doivent s'avancer à côté en s'éloignant du centre, de même que le point C de la figure ſeizième. Or ce point C du cercle entier demeurera dans la ligne en l'air A C L, & ſera comme au point L, lorſque le point D ſera comme en G; ou il ſera un peu plus avant comme en N, ou un peu en arrière comme en O. Si donc on ſuppoſe que le point D étant en G, le point C ſoit en L, & le point A en M; la ligne circulaire A B C prendra une courbure comme M G L. Or ſi le point B en cet inſtant demeuroit immobile, le reſte du cercle, ſçavoir A B C, prendroit une courbure, comme M B L; & en cet état il ſeroit plus étendu qu'auparavant: car la ligne courbe M D L étant ſuppoſée ſemblable à M B L, la courbe D L B ſeroit plus grande que la circulaire D C B, & D M B plus grande que D A B. Donc leurs moitiez L B, M B, ſeroient plus grandes que B C, A B; & elles le ſeroient encore plus, ſi le point B s'étoit déja avancé en F. Il eſt donc néceſſaire que la partie L B M, pour conſerver ſon étenduë naturelle, retourne en arrière, en ſorte que le point B étant en E, la ligne courbe L E M ſoit égale à la circulaire A B C. La même choſe arrivera, & à plus forte raiſon, ſi le point C étoit allé en O.

Suppoſons maintenant que le point D étant en G, le point C ſoit en N, à deux ou trois lignes du point L; car par ce qui a été dit du fil de fer en demi cercle, il ne s'avance pas plus loin en s'écartant, au commencement du mouvement du point D: & imaginons que les deux points A & C, étant tirés par force en I & P, ſelon le diamétre A C prolongé, les deux parties A B C, A D C, ſe touchent ſelon toute leur étenduë. En ce cas, il eſt évident que le point C ſeroit éloigné du centre H, de la diſtance H C plus la moitié de H C plus $\frac{1}{14}$, ſuppoſant que la circonférence A B C D ſoit égale à trois fois le diamétre A C plus $\frac{1}{7}$; & par conſéquent que le point C ſe ſeroit éloigné de ſa première ſituation, d'environ la moitié de H C plus $\frac{1}{14}$, & que le point B étant alors au point H, il ſe ſeroit mû par une ligne preſque double de la ligne C I ou A P. D'où il s'enſuit que lorſqu'au commencement de cette extenſion le point C eſt en L, & le point B en E, B E doit être plus grande que B L, & il eſt évident que ſi un quarré étant inſcrit dans le cercle A B C D, la ligne L E étoit égale au côté de ce quarré, & le demi diamétre H C de la longueur de 100 pouces; la ligne H E ſeroit moindre que 99 pouces,

TAB. I. Fig. 14.

TAB. I. Fig. 14.

ces, ſi H L étoit de 101; & par conſéquent C L feroit moindre que B E. Il paroît donc, que lorſque le point C eſt en L, & le point B en E, B E doit être plus grande que C L. Or ſuppoſant que C L ſoit ſeulement de douze lignes, & B E de treize lignes, & que le point C s' écartant à côté juſques à douze lignes s'avance en N à une diſtance de quatre lignes de C I, quoiqu'il ne doive pas s'avancer de plus de deux ou trois lignes par l'expérience ci-deſſus; il eſt manifeſte que le point B reculera encore de neuf lignes, & que ſi C L eſt de ſix lignes & B E de ſix lignes $\frac{1}{4}$ ſeulement, il reculera encore de deux lignes plus $\frac{1}{4}$ du côté de D, avant que d'aller vers F.

La preuve par l'expérience en eſt facile, en ſuſpendant une petite balle de feutre ou de bois, à deux ou trois lignes du point B, entre B & E, au-dedans du cercle: car lorſqu'on frappera fermement le point D, pour pouſſer le cerceau vers F, la petite balle viendra en arrière avec une grande force du côté de D; ce qui n'arriveroit pas, ſi le point B ne s'étoit approché du point E par le choc. D'où il s'enſuit que le point B ne s'avance pas en même tems que le point choqué D, mais qu'il va en arrière du côté de D, avant que d'aller en F; ce qu'on s'étoit propoſé de prouver & d'en donner les cauſes naturelles.

CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit que ſi une boule creuſe à reſſort eſt choquée directement par une autre, la partie oppoſée à celle qui eſt frappée, retourne un peu en arrière avant que de s'avancer; car l'effet doit être ſemblable à celui d'un anneau à reſſort: & même quand la boule choquée ſeroit ſolide, il ſe doit faire un mouvement de frémiſſement ou tremblement en toutes ſes parties, qui les fait approcher & éloigner de leur centre par une eſpéce de vibration; & par conſéquent les boules dures à reſſort, comme celles de jaſpe, de verre & d'yvoire, doivent ſuivre la même Loi à peu près qu'un anneau de fer à reſſort, lorſqu'elles ſont choquées directement par une autre, c'eſt-à-ſçavoir, que la partie oppoſée à celle qui eſt choquée, doit reculer un peu en arrière avant que de s'avancer.

PROPOSITION XXVIII.

Soient A, B, C, trois boules d'yvoire ou d'autre matière à reſſort ferme, égales entre elles, & contigues; & qu'une autre boule D, de même matière & de même peſanteur, choque directement la boule C, ſelon la ligne A D qui joint leurs centres; les boules C & B demeureront en repos après le choc, & la boule D auſſi, & la ſeule boule A s'avancera avec la même viteſſe qu'avoit la boule D avant le choc: & quelque nombre de boules qu'il y ait de ſuite, ſoit deux ou trois ou TAB. II. Fig. 17.

qua-

quatre, &c. il n'y aura toûjours que la plus éloignée qui se mettra en mouvement.

TAB. II. Fig. 18. Que s'il y a deux boules comme E & F qui se touchent, & qui choquent ensemble plusieurs boules qui se touchent aussi, comme *a*, *b*, *c*, *d*, selon la ligne de direction *a* F; les deux boules E & F s'arrêteront, & les autres demeureront aussi en repos, à la reserve des deux dernières *a* & *b*, qui s'avanceront ensemble avec la même vitesse des deux E & F.

Que s'il y a trois boules qui choquent, il n'y aura que les trois dernières *a*, *b*, *c*, qui s'avanceront avec la vitesse commune des trois qui auront choqué, & toutes les autres demeureront en repos; & ainsi à l'infini, en tel nombre que puissent être les boules qui choquent & celles qui sont choquées.

TAB. II. Fig. 17. Pour expliquer ces effets, il faut considérer les trois boules A, B, C, comme si elles ne se touchoient pas, & qu'il y eût entre elles une petite distance comme d'un quart de ligne: car en ce cas il est évident par la Proposition seizième, que la boule D choquant la boule C, donnera sa vitesse & demeurera en repos; & que la boule C donnera sa vitesse à la boule B; celle-ci à la boule A, & ainsi de suite s'il y en a plus de trois. Or le même doit arriver quand les trois boules, A, B, C, se touchent: car, par la Conséquence de la précédente, la boule C étant frappée, sa partie contigue à la boule B, ira en arrière au commencement du choc; & par conséquent elle s'en séparera & ne lui sera plus contigue, & le même effet s'ensuivra que si elle n'eût pas touché la boule B, à l'instant du choc; c'est-à-dire, qu'elle prendra la vitesse de la boule D, & la donnera ensuite à la boule B, & celle-ci à la boule A, par les mêmes raisons: & quand il y en auroit davantage, elles prendront de suite la vitesse de la boule D, & il n'y aura que la dernière qui s'avancera avec cette vitesse, toutes les autres demeurant en repos; ce qu'on trouvera conforme à l'expérience, si l'on suspend de suite deux ou trois boules d'yvoire égales, en sorte qu'elles se touchent précisément, & qu'on fasse choquer la première directement par une autre boule d'yvoire de même poids, par le moïen de la machine de la première Proposition.

TAB. II. Fig. 18. On fera la preuve de même, à l'égard des boules E, F, & *a*, *b*, *c*, *d*. Car si elles étoient un peu séparées l'une de l'autre, lorsque la boule E choque la boule *d*; la boule *d* prendroit la vitesse de la boule E, & la donneroit à la boule *c*, & ainsi de suite jusques à la boule *a*, par la seizième Proposition. Mais la boule F, qui suivoit la boule E, avec la même vitesse, la rencontre en repos après avoir été arrêtée par la boule *d*, & par conséquent elle lui donnera sa vitesse, celle-ci à la suivante *c*, & ainsi de suite jusques à la boule *b*, qui prendra à son tour la même vitesse, avec laquelle elle suivra la boule *a*. Or si les deux boules E & F se touchent avant le choc, & les quatre autres aussi; les mêmes effets doivent arriver, parce qu'au commencement du choc la bou-

le E se sépare un peu de la boule F, & fait séparer la boule *d* de la boule *c*, par la Conséquence de la précédente, & ainsi de suite; & par les mêmes raisons ci-dessus, les deux seules boules *a* & *b* s'avanceront ensemble avec la vitesse des deux E & F qui demeureront en repos, aussi bien que les deux autres *c* & *d*; & s'il y en a trois qui choquent, les trois dernières seules s'avanceront, & ainsi à l'infini. Nous avons donc fait voir les causes de ces effets selon qu'il avoit été proposé. On fera facilement l'expérience de tous ces effets avec des dames de tric-trac, en les faisant glisser sur une table bien unie; car on verra qu'il y en aura toûjours autant qui s'avanceront, qu'on en aura poussées ensemble avec la main, contre une autre, ou contre plusieurs.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

SECONDE PARTIE.

PREMIER PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION I.



SI l'on fait choquer dans un bateau se mouvant d'une vitesse uniforme, des boules d'yvoire ou d'autre matière à ressort ferme, par le moïen de la machine décrite en la première Proposition de la première Partie, TAB. I. Fig. 3. les mêmes effets paroîtront à ceux qui seront dans le bateau, que si le bateau étoit immobile; c'est-à-dire, que si l'on fait choquer deux boules égales avec des vitesses égales, apparentes, elles paroîtront se reculer avec les mêmes vitesses qu'elles avoient avant le choc: & dans les autres manières différentes de choquer, soit que les boules soient égales ou inégales, les effets pa-

paroîtront conformes à ceux qui ont été prouvés dans la première Partie.

TAB. II. Fig. 19. Soient donc deux boules égales A & B, se mouvant avec le mouvement d'un bateau, selon les lignes AE, BF, paralleles entre elles, & qu'on fasse choquer B contre A directement, avec la vitesse BA supposée uniforme, le bateau se mouvant selon la vitesse AE, ou BF qui lui est égale; il est évident par la seconde Proposition de la première Partie, que la boule B ira par la ligne BE, puisque son mouvement est composé du mouvement BF selon la ligne BF, & du mouvement BA selon la ligne BA: mais B après le choc en E paroîtra s'arrêter, & A paroîtra s'avancer avec la vitesse EH égale à BA, selon la ligne FEH; & parce que le bateau les emporte toûjours avec la même vitesse, la boule A sera en G, lorsque la boule B sera en C, si EC est égale à AE, & CG à EH, & la boule A sera avancée après le choc, par la diagonale EG avec la même vitesse uniforme, qu'avoit la boule B avant le choc par la diagonale BE. Il est donc évident que la boule B ne perd rien de son mouvement de B en F; ce qui procéde de ce que les mouvemens paralleles AE, BF, ne sont point opposés, & par conséquent ne se retardent pas l'un l'autre: mais qu'elle perd celui de B en A, parce qu'en ce sens elle rencontre la boule A directement; ce qui fait que la boule A après le choc doit aller avec une vitesse composée du mouvement de E en H, & de celui de E en C: d'où il s'ensuit que si le bateau étant en repos, on pousse la boule B selon la ligne BE avec la vitesse BE, & la boule A selon la ligne AE avec la vitesse AE; la boule A, après le choc en E, ira selon la ligne EG, avec la vitesse EG, (faisant abstraction du mouvement de pesanteur vers la terre,) puisque les vitesses & les directions des boules seront les mêmes devant le choc, qu'elles étoient dans l'hypothèse première du mouvement du bateau; & par conséquent les effets doivent être les mêmes. Puis donc qu'en cette dernière hypothèse, la boule A se meut comme elle feroit si elle avoit reçû les deux mouvemens de E en H, & de E en C en même tems; & que le mouvement de la boule B en E avant le choc est le même que s'il avoit été produit par un mouvement de B en F, & de B en A, & qu'après le choc elle va du seul mouvement de B en F, ou de E en C, qui est le même que celui de A en E avant le choc. On peut conclure qu'en tout choc de boules à ressort qui se choquent obliquement, comme A & B au point E, selon les directions & les vitesses des lignes AE, BE, on trouvera la direction & la vitesse de chaque boule après le choc en tirant la ligne EH parallele & égale à AB, & la ligne HG parallele & égale à AE, si les boules sont égales; car EG sera la vitesse & la direction de la boule A après le choc, & EC étant supposée égale & parallele à BF, sera la vitesse & la direction de la boule B après le choc. Il paroît aussi que la vitesse respective avec laquelle ces boules se sépareront, sera égale à celle

celle avec laquelle elles s'étoient rencontrées en E; puisque C G est égale à B A.

Soient maintenant les deux boules A & B molles & sans ressort se rencontrant obliquement en C, avec les vitesses égales A C, B C, la distance de ces boules avant leur mouvement étant A B divisée également en D; je dis que si on continue directement D C en C E, & que C E soit égale à D C, la ligne C E sera la vitesse & la direction des deux boules jointes ensemble après le choc. Car soient tirées les lignes A K G, B H I, égales & paralleles à D E, & K C H parallele & égale à A B: il est manifeste que les mouvemens de ces boules ne sont point contraires selon les paralleles A K, B H, mais seulement selon les lignes A D, B D, ou K C, H C: & si on les poussoit directement l'une contre l'autre dans un bateau avec les vitesses A D, B D, elles s'avanceroient selon les lignes A C, B C, à cause du mouvement du bateau, s'il s'avançoit pendant le même tems de D en C: & si elles étoient demeurées immobiles en apparence, elles seroient allées selon les lignes A K, B H, égales & paralleles à D C; mais après le choc elles continueroient à aller ensemble avec la même vitesse du bateau selon la direction & la vitesse C E; & par ce qui a été dit ci-dessus, si on les fait choquer hors du bateau selon les lignes A C, B C, & qu'elles s'atachent ensemble, elles continueront leur mouvement selon la direction D C E avec la vitesse C E. TAB. IV. Fig. 41.

Que s'il y avoit une boule au point C, immobile & égale en poids aux deux ensemble A & B, les trois boules jointes iroient avec la vitesse C M moitié de C E, conformément à la Proposition 10[e]. La même chose arrivera si les deux boules se rencontrent plus ou moins obliquement, la distance des boules avant le choc étant toûjours A D B; car la ligne D C, qui sera plus grande ou moindre quand le choc sera plus ou moins oblique, sera toûjours la mesure de la vitesse des deux boules après le choc.

Il est encore évident par ce qui a été dit dans cette Proposition, que si ces boules A & B ont ressort, & que A C soit continuée directement en I, & B C en G, A K G & B H I étant paralleles & égales à D C E; C G sera la direction & la vitesse de la boule A, & C I celle de la boule B, après qu'elles se seront rencontrées en C avec les vitesses A C, B C.

On fait abstraction, dans cette Proposition & dans les trois suivantes, de l'épaisseur des boules, & on les considére comme si elles étoient réduites à leur centre de pesanteur, pour faciliter l'intelligence des démonstrations.

PROPOSITION II.

Soient deux boules à ressort, inégales, A & B, & que la plus pesante A, rencontrant B directement, lui donne la vitesse B E, & conserve la vi- TAB. II. Fig. 20.

viteſſe BC, par les régles de la première Partie: je dis que ſi elles ſe choquent obliquement en D, avec les viteſſes propres AD, BD, enſorte qu'au moment de leur choc, leurs centres ſoient dans la ligne LDG perpendiculaire à BD, & que DF ſoit égale & parallele à BC, & FI parallele & égale à BD; DI ſera la viteſſe & la direction de la boule A après le choc: & DG étant égale & parallele à BE, & GH à BD; la ligne DH ſera la viteſſe & la direction de la boule B après le choc. Car il eſt évident que le mouvement de la boule A, par la ligne AD, eſt de même que s'il étoit compoſé des mouvemens par AB, & par AL parallele & égale à BD. Or le mouvement par AL n'étant point oppoſé au mouvement de la boule B, par BD, les deux boules ne ſouffrent rien l'une de l'autre par ces mouvemens, & les doivent toûjours conſerver. Mais à l'égard du mouvement par AB, les boules doivent s'avancer, ſçavoir A par DF égale à BC, & B par DG égale à BE: d'où il s'enſuit que la boule A, après le choc, ira par un mouvement compoſé des deux mouvemens DF ou BC, & FI ou AL, & que la ligne DI ſera ſa viteſſe & ſa direction; & que la boule B, par les mêmes raiſons, aura la ligne DH pour ſa viteſſe & ſa direction, ce mouvement étant compoſé de DG égale à BE, & de GH égale à BD: il s'enſuit auſſi que la viteſſe reſpective des deux boules ſera toûjours la même, puiſque HI eſt égale à AB.

TAB. II. Fig. 21. Mais ſi ABCD eſt un rectangle, que la boule A ſoit triple de la boule B, & que CD étant diviſée également en E, & AB en G, A & B ſe rencontrent en E avec les viteſſes égales AE, BE; ces viteſſes & ces directions ſeront les mêmes que ſi elles étoient compoſées des viteſſes AG, AD, & BG, BC, dont les unes, ſçavoir les viteſſes & les directions AD, BC, ne ſont point oppoſées & doivent demeurer en chaque boule après le choc. Mais d'autant que, par ce qui a été dit dans la première Partie, ſi A & B ſe choquoient en G ſans avoir d'autres mouvemens, A demeureroit en repos en G, & B reculeroit avec la viteſſe GF, double de BG; ſi CH eſt parellele & égale à BF, & HI égale & parellele à BC, EI après le choc ſera la viteſſe & la direction de la boule B, & EL étant égale & parallele à AD, EL ſera la direction & la viteſſe de la boule A après le choc. On trouvera par de ſemblables raiſonnemens fondés ſur les Propoſitions précédentes, les viteſſes & les directions après le choc des autres boules qui ſe choquent obliquement, ſoit que les viteſſes ſoient égales ou inégales, ou que l'une ſoit en repos.

PROPOSITION III.

TAB. II. Fig. 22. Soient A & B deux boules égales, & que A choque B en repos ſelon la ligne A*a*, & ſoient joints les centres des boules par la ligne D*a*F, laquelle étant ſuffiſamment prolongée, ſoit abaiſſée ſur elle la per-

perpendiculaire AD; puis soit tirée AG parallele & égale à Da; on tirera aussi Ga, qu'on prolongera en H, jusques à ce que aH soit égale à Ga. Il se voit par ce qui a été dit ci-dessus, que le mouvement par Aa est comme s'il étoit composé des mouvemens par AD & par AG, l'un desquels, sçavoir AD ou Ga, n'est point opposé à la boule B, mais bien AG ou Da. Donc après le choc la boule B prendra toute la vitesse AG, selon la ligne DBF parallele à AG, & BF égale à AG sera la vitesse & la direction de la boule B par la Proposition seizième de la première Partie. Mais la boule A conservera la vitesse AD ou aH selon la direction de la ligne aH parallele à AD. On trouvera de même, lorsqu'une boule à ressort en choque obliquement une autre égale en repos, la vitesse & la direction de chaque boule après le choc, quelle que soit l'obliquité du choc.

CONSÉQUENCE.

Il s'ensuit que ces boules en se séparant ont toûjours la même vitesse respective, & que leurs lignes de direction, comme aH, aF, comprennent toûjours un angle droit; puisque les triangles FaH, ADa sont semblables & égaux. Il est vrai que, si la boule A choque en roulant la boule B, l'angle FaH ne sera pas droit: car la boule A conservera son mouvement circulaire, comme il a été dit dans la Proposition seizième de la première Partie; ce qui lui donnera un mouvement composé de ce mouvement circulaire de A vers F, & du mouvement par aH, & la fera aller par une autre ligne comme aM, faisant un angle aigu avec la ligne aF; & si les boules n'ont pas un ressort parfait, l'angle sera encore plus aigu.

Que si la boule B est plus pesante que la boule A, il faudra se servir des régles de la première Partie. Par exemple, si B est trois fois plus pesante, elle ne s'avancera que jusques en I, si BI est égale à IF, & si HL est égale à aI, & parallele à Da, aL sera la vitesse & la direction de la boule A après le choc, son mouvement étant alors composé du mouvement par aH ou AD, & de celui par HL égale à aC moitié de Da, puisque si elle choquoit directement la boule B, avec la vitesse Da, elle reculeroit avec une vitesse égale à la moitié de Da. Il paroît aussi qu'en ce dernier cas la vitesse respective devant & après le choc sera la même; puisque FI étant égale & parallele à HL, la distance des boules en I & L, sera égale à leur distance en F & H, c'est-à-dire, en A & a: & les tems par Aa, aH, HL, BF, BI, seront aussi égaux, les vitesses étant supposées uniformes, selon la première Supposition.

On trouvera par de semblables raisonnemens les directions & les vitesses des autres boules après leur choc, en telles raisons qu'elles soient l'une à l'autre, & quelles que soient leurs vitesses propres, & l'obliquité de leur choc.

PROPOSITION IV.

Le centre commun de pesanteur de deux boules qui sont poussées pour se choquer avec des vitesses uniformes, se meut toûjours selon la même direction & avec la même vitesse devant & après le choc. Et si ce centre demeure en repos dans le mouvement qui précède le choc, il demeurera aussi en repos après le choc.

TAB. I. Fig. 7. Supposons premièrement que les boules A & B soient sans ressort, & qu'elles se rencontrent directement au point C avec les vitesses AC, BC, réciproques à leurs poids; il est évident que C est leur centre commun de pesanteur, & que ce centre demeurera en repos pendant le mouvement des deux boules; & parce qu'elles s'arrêtent l'une l'autre en ce point, par la 6ᵉ. Proposition de la première Partie, ce centre demeurera aussi en repos après le choc. Que si elles se rencontrent en un autre point, comme D, ce centre qui étoit au point C, se sera avancé avec la vitesse CD: mais par la treizième Proposition de la première Partie, les deux boules iront ensemble après le choc, avec la vitesse DE égale à CD; donc ce centre commun ira encore avec la même vitesse de même part, & selon la même direction. On prouvera la même chose par les mêmes raisons, en quelque endroit de la ligne AB qu'on prenne ce point D, soit entre les points A & B, soit en l'un ou l'autre de ces points, soit au-delà, comme en H ou I, cette ligne étant prolongée.

Que si les boules sont à ressort, & qu'elles se rencontrent directement au point C, avec les vitesses AC, BC, reciproques à leurs poids, elles retourneront en arrière avec les mêmes vitesses, par la Proposition 15ᵉ. de la première Partie; & par conséquent leur centre commun de pesanteur demeurera en repos devant & après le choc.

TAB. I. Fig. 7. Soit maintenant D, le point où elles se rencontrent directement avec les vitesses AD, BD. Or si elles étoient sans ressort, elles s'avanceroient ensemble avec la vitesse commune DE, égale à CD, par la Proposition 13ᵉ. de la 1ᵉ. Partie. Mais le ressort donne à la boule A, la vitesse AC en arrière & la boule B, la vitesse CB de même part, indépendamment du mouvement simple DE, par la seconde Conséquence de la Proposition quinzième; & par conséquent la même chose doit arriver, que si ces boules étant au point E, elles se séparoient avec ces vitesses. Mais le point E seroit alors leur centre commun de pesanteur, parce que ces vitesses sont réciproques aux poids des boules, & DE est égale à CD, & le tems par DE est égal au tems par CD. Donc ce centre ira avec la même vitesse & selon la même direction devant & après le choc.

On emploïera la même preuve en quelque autre endroit qu'on prenne le point *d*. Car s'il est entre C & B, ou au point B, ou au-delà, comme en H, la vitesse de la boule B après le choc sera toûjours égale à la somme des vitesses C*d*, BC; & celle de la boule A sera égale

à

à la différence des vitesses A C, C *d*, par la dix-neuvième Proposition: & parce qu'elles doivent s'éloigner l'une de l'autre d'une distance égale à A B par le mouvement de ressort, en un tems égal à celui qu'elles emploient à se rencontrer au point *d*, par la quinzième Proposition de la première Partie; il s'ensuit qu'à la fin de ce tems, la boule A sera éloignée du point *e*, d'une distance égale à A C, & la boule B, d'une distance égale à B C; & par conséquent le point *e* sera alors leur centre commun de pesanteur, & ce centre sera allé aussi vîte après le choc qu'avant le choc, puisque *d* G est toûjours égale à C D, quelque grandeur qu'ait la ligne C D, par la treizième Proposition de la première Partie. La même chose arrivera, si le point D est entre A & C, ou au point A, ou au-delà dans la même ligne A B polongée.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Soit la boule A du poids de 3 onces, & la boule B du poids d'une once, & que la boule A, se mouvant seule, choque la boule B avec une vitesse uniforme de quatre dégrez. Or après le choc la boule A ira avec une vitesse de deux degrez, & la boule B avec une vitesse de six degrez par les régles de la première Partie. Il est donc manifeste que si leur distance avant le choc est de quatre pieds, leur centre commun de pesanteur décrira une ligne de trois pieds avant le choc: & parce que dans un tems égal à celui qui a précédé le choc, la boule A s'avance de deux pieds après le choc, & qu'alors ce centre commun est à un pied au-delà, à cause que la boule B est alors éloignée de la boule A d'une distance de quatre pieds; il s'ensuit que ce centre est allé avec la même vitesse devant & après le choc.

Supposons maintenant que le choc des boules soit oblique, & que la boule A choque la boule B en repos avec la vitesse A *b*. Or si les boules sont égales, le point C sera le centre commun de pesanteur des deux boules avant le choc, si A C est égale à C *b*. Supposons aussi que D *b* E soit la ligne qui joint les centres des boules à l'instant du choc, que A D soit perpendiculaire à E D, D *b* égale à *b* E, & *b* F égale & parallele à D A; & aiant divisé E F également en G, soit tirée *b* G. D'autant que, par la Proposition précédente, *b* E est la vitesse & la direction de la boule B après le choc, & *b* F celle de la boule A; ces boules feront allées en F & E, dans un tems égal à celui où s'est fait le mouvement de A en *b*: & parce que les triangles A *b* D, E *b* F sont semblables & égaux, si C H & G I sont perpendiculaires à E D, le triangle E G I sera égal & semblable au triangle H *b* C & le triangle G I *b* égal & semblable au triangle H *b* C; donc les angles G *b* I, H *b* C seront égaux, & par conséquent C *b* G sera une ligne droite. Mais le point G est le centre commun de pesanteur des deux boules, lorsqu'elles sont en E & F, & *b* G est égale à C *b*. Donc le TAB. III. Fig. 26.

cen-

centre C se sera mû après le choc par la ligne *b*G, égale à la ligne C*b*, par laquelle il s'étoit mû avant le choc, & ces deux lignes sont parties d'une même ligne droite; & par conséquent la vitesse de ce centre sera égale devant & après le choc, & sa direction sera la même.

On tirera la même conséquence, si la boule A est plus pesante que la boule B, & on en fera la preuve en cette sorte.

TAB. III. Fig. 27. Soit A la plus pesante, & la ligne A*b* étant divisée au point C en raison réciproque des poids des boules, soit D*b*E, la ligne qui joint les centres des boules à l'instant du choc, sur laquelle soit abaissée la perpendiculaire CH; & aiant pris *b*I égale à H*b*, IL égale à HD, & IE à H*b*, on fera LF égale & parallele à AD, & on tirera IG perpendiculaire sur ED rencontrant EF en G. D'autant que, par les Propositions précédentes, le mouvement A*b* est composé des deux AD, D*b*; & que par le mouvement D*b*, la boule A après le choc se seroit avancée en L, & la boule *b* en E, dans un tems égal au tems par D*b*, & I seroit leur centre commun de pesanteur; & que LF étant égale & parallele à AD, *b*F seroit la vitesse & la direction de la boule A par le mouvement composé de *b*L, & LF: les deux boules seront à la fin du même tems aux points E & F. Or le triangle FEL est égal & semblable au triangle A*b*D, & le triangle IEG au triangle H*b*C; & par conséquent le point G sera le centre commun de pesanteur des deux boules étant en F & E, & IG sera égale à HC, G*b* à *b*C, & l'angle G*b*I à l'angle C*b*H. Donc C*b*G sera une ligne droite: & le centre C s'étant mû par C*b* avant le choc, & après le choc par *b*G, en un tems égal; il s'ensuit que sa vitesse & sa direction aura été la même devant & après le choc. On prouvera la même chose par de semblables raisonnemens, si la boule A est moins pesante que la boule B.

TAB. II. Fig. 21. Soient encore les deux boules inégales A & B, se rencontrant avec des vitesses égales au point E. D'autant que, par la seconde Proposition de la seconde Partie, LI est égale à AB, & que dans un tems égal à celui des mouvemens par AE & BE, les deux boules se sont avancées du point E en L & en I, & que le point M est le centre commun de pesanteur des deux boules avant leur mouvement, le poids A étant triple du poids B, & la ligne BM triple de MA; ME sera la direction & la vitesse de ce centre avant le choc. Or si PL est le quart de la ligne LI, P sera le centre commun de pesanteur des deux boules étant en L & I; & si l'on tire EP, les deux triangles MEG, PEL seront égaux & semblables, & par conséquent MEP sera une ligne droite, & EP sera égale à ME. Donc ce centre commun se sera avancé après le choc avec la même vitesse & la même direction qu'avant le choc. On pourra faire voir la même chose dans tous les autres cas par de semblables raisonnemens, lorsque deux boules sans ressort se choquent directement, ou que deux boules à ressort se choquent directement ou obliquement.

PRO-

PROPOSITION V.

AB F représente une ligne d'une surface de verre ou d'autre matière facile à être brisée, & C est une petite boule qui étant poussée perpendiculairement en D, contre AB, avec la vitesse CD, ne romproit point cette surface; mais étant poussée un peu plus fort elle la romproit. Je dis que si CE est égale & parallele à BD, & qu'en même tems que l'on pousse la boule C vers D, avec la même vitesse CD, on la pousse aussi vers E avec la vitesse CE, en sorte qu'elle aille par la diagonale CB, avec la vitesse CB, elle ne rompra point la surface de verre; & que si elle est poussée un peu plus fort, elle la rompra. Car, par ce qui a été dit ci-dessus, la boule C ne choque AB que par la force de la vitesse respective CD, ou EB, qui lui est égale, la vitesse CE ne lui étant point opposée; & par conséquent elle fait le même effort précisément, que lors qu'elle la choque en D, avec la seule vitesse CD: D'où il suit que, si la boule C est poussée par la ligne CB avec la vitesse CB, elle ne rompra point la surface représentée par AF, puisqu'elle n'aura que la même force pour cet effet qu'elle avoit étant poussée par les deux mouvemens CE, CD, laquelle force est à la force qu'elle auroit si elle rencontroit directement la surface AB avec la vitesse CB, comme la ligne CD est à la ligne CB. TAB. II. Fig. 23.

SECOND PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION VI.

ABCD est un vaisseau cylindrique d'une pied de hauteur & d'un pied ou deux de diamétre de base, aiant en son fond un tuïau recourbé EFI de trois ou quatre pouces de largeur: CEDKIG est une ligne horisontale. Il est manifeste par l'expérience, que si on applique un petit tuïau INL de six lignes de largeur au-dessus du tuïau recourbé, & qu'on verse de l'eau dans le vaisseau ABCD, qu'elle coulera dans le tuïau EFI, & qu'elle le remplira entièrement, avant que de s'élever au-dessus du fond CED; c'est-à-dire, qu'elle se mettra de part & d'autre à la hauteur EI, & qu'à mesure qu'on versera davantage d'eau, elle se mettra toûjours de niveau dans le vaisseau & dans le petit tuïau: comme si HMN est une ligne horisontale, la surface de l'eau sera en M dans le vaisseau quand elle sera en N dans le tuïau, & qu'enfin le vaisseau étant rempli jusques à la ligne horisontale QR, le petit tuïau sera rempli jusques à S, si ce point est dans la même ligne QR continuée. TAB. IV*. Fig. 48.

L'expérience fera voir aussi, que si le seul tuïau EFG étant plein d'eau on ferme avec le pouce l'extrémité L du petit tuïau, & qu'on acheve d'emplir le vaisseau jusques à la hauteur QR; le petit tuïau ne s'emplira pas d'eau, à cause que l'air qui ne pourra sortir, l'empêchera d'y monter: mais, si on leve le pouce tout à coup, l'eau montant assez vîte dans ce tuïau passera au-delà du point S; ce qui procéde de ce que l'eau allant à son niveau, ne peut monter dans le tuïau ni descendre dans le vaisseau sans mouvement, & qu'elle doit le continuer par la premiére Supposition; de maniére que si on suppose que son niveau doive être en la ligne ponctuée VV, elle descendra plus bas que cette ligne dans le vaisseau, & montera plus haut dans le tuïau, & ensuite elle descendra plus bas que le même niveau dans le tuïau, & montera plus haut dans le vaisseau, & enfin après quelques autres balancemens elle s'arrêtera enfin de part & d'autre en la ligne VV.

L'expérience fera encore voir, que si on ôte le petit tuïau, laissant seulement une ouverture de six lignes au point I, & qu'après avoir fermé avec le pouce cette ouverture, le tuïau recourbé étant plein d'eau on acheve d'emplir le vaisseau jusques à la hauteur AB, & qu'on leve ensuite le pouce; l'eau sortira de l'ouverture I avec une vitesse suffisante pour s'élever à la hauteur de la ligne AB. Mais parce qu'elle est un peu retardée par la résistance de l'air, & par le frottement contre les bords de l'ouverture, il en manquera environ une demi ligne; que si le vaisseau a deux pieds de hauteur, il en manquera environ deux lignes, parce que le jet aura plus d'air à traverser: d'où il sera aisé de juger, que sans cette résistance de l'air, & les autres empêchemens, l'eau monteroit aussi haut que la surface de l'eau du vaisseau, & qu'elle a, à la sortie de l'ouverture, une vitesse suffisante pour s'y élever, si elle n'étoit pas retardée.

CONSÉQUENCE.

Il suit de cette Proposition, que si la surface de l'eau est à différentes hauteurs dans le vaisseau, les vitesses de l'eau jaillissante par l'ouverture I au premier moment de sa sortie seront l'une à l'autre en raison sous-doublées des hauteurs de la surface supérieure de l'eau. Car, par la seconde Supposition, les hauteurs où s'élevent les corps poussés perpendiculairement de bas en hant par des vitesses différentes, sont entre elles en raison sous-doublée des hauteurs où les corps s'élevent: & parce que les jets d'eau ont tous une vitesse suffisante pour s'élever à la hauteur de la surface de l'eau du vaisseau ou réservoir, faisant abstraction de la résistance de l'air; il s'ensuit que ces vitesses sont entre elles en raison sous-doublée des différentes hauteurs de l'eau qui est dans le réservoir.

PROPOSITION VII.

ABCD eſt un cylindre creux, dont les deux baſes AD, BC, ſont de bois, & le reſte de cuir ſoûtenu & étendu par pluſieurs cerceaux de bois ou de fil de fer, comme FE, HI, LM, en ſorte qu'on puiſſe faire abaiſſer la baſe AD, fort près de la baſe BC, ſuppoſée inébranlable: N eſt un tuïau ajuſté à la baſe BC, par où l'air enfermé dans le cylindre peut ſortir: ce cylindre eſt chargé d'un poids P, ſur la ſurface AB; & l'on ajuſte au-deſſous de ce cylindre une balance comme celle de la figure vingt-cinquième, en ſorte que la régle AB étant ſituée horiſontalement, ſon extrémité B ſoit fort près du tuïau N, & directement au-deſſous. TAB. III. Fig. 23.

Celà étant, je dis que ſi on met un poids G ſur l'autre côté de la balance, dont l'eſſieu CD eſt ſuppoſé tourner facilement ſur les pivôts C & D; & que l'air que le poids P deſcendant fait ſortir avec violence par le tuïau N, choquant l'extrémité de la balance vers B, faſſe équilibre avec le poids G, ſuppoſé également diſtant de l'eſſieu CD: ce poids ſera au poids P, en même raiſon que la ſurface de l'ouverture du tuïau N, eſt à la ſurface entière de la baſe BC. Car, ſi par le moïen d'un ſoufflet dont le tuïau ſoit égal au tuïau N, on pouſſe de l'air contre l'ouverture N, avec une force égale à celle de l'air que le poids P fait ſortir; il ſe fera équilibre entre ces deux forces, & le poids P ne deſcendra point, parce qu'il ne ſortira point d'air par l'ouverture du tuïau N: & alors l'air pouſſé par le ſoufflet rempliſſant cette ouverture ſoûtiendra ſa part du poids P, comme les autres parties de la baſe BC ſoûtiennent le reſte de ce poids; & la partie que l'air pouſſé ſoûtiendra, ſera au poids entier P, dans la proportion de l'ouverture N, à la largeur entière de la baſe BC. Donc réciproquement l'air ſortant par cette ouverture après qu'on aura ôté le ſoufflet, fera équilibre par ſon choc avec un poids qui ſera au poids P, comme l'ouverture N eſt à la baſe BC.

Que ſi le cylindre eſt chargé ſucceſſivement de divers poids, pour faire deſcendre plus ou moins vîte la ſurface AD; l'air qui ſortira par l'ouverture N, fera équilibre, par ſon choc, avec des poids qui ſeront l'un à l'autre en même raiſon que les poids qui chargent ſucceſſivement la baſe AD. La raiſon eſt, que la proportion du grand poids au petit eſt toûjours la même que celle de la baſe BC à l'ouverture N. Donc les petits poids ſeront l'un à l'autre en même proportion que les grands poids qu'on mettra de ſuite ſur le cylindre.

Le même effet arrivera ſi ABCD eſt un vaiſſeau cylindrique plein d'eau, ouvert par le haut. Car l'eau qui jaillira par l'ouverture N choquant le même bras de la balance, fera équilibre avec un poids qui ſera au poids de toute l'eau du vaiſſeau, comme l'ouverture N eſt à toute la TAB. III. Fig. 28.

 baſe

base B C; & on le prouvera par les mêmes raisons. Et d'autant que cette ouverture est à la base B C, comme tout le cylindre d'eau est au cylindre de même hauteur, qui a pour base l'ouverture N; il s'ensuit que le poids qui fera équilibre avec le jet d'eau sortant par l'ouverture N, sera égal au poids de ce petit cylindre d'eau.

Et quand même le vaisseau seroit plus ou moins large, pourvû que son diamétre fût cinq ou six fois plus grand que celui de l'ouverture N, le poids soûtenu par le jet seroit toûjours le même; car il y auroit toûjours même raison de l'ouverture N à la base B C, que du poids du petit cylindre d'eau, au poids de toute l'eau du vaisseau.

Que si les hauteurs de l'eau dans le vaisseau étoient différentes, sa largeur & celle de l'ouverture demeurant toûjours les mêmes, les poids soûtenus par les jets seroient entre eux en la raison de ces hauteurs différentes, puisque ces poids seroient égaux aux poids des petits cylindres d'eau dont l'ouverture N seroit la base, & que ces petits cylindres d'eau aiant même base, seroient entre eux comme les hauteurs différentes de la surface surpérieure de l'eau.

Il est encore évident, que, si les ouvertures au point N étoient inégales, les jets qui sortiroient par ces différentes ouvertures, soûtiendroient des poids qui seroient l'un à l'autre en raison doublée des diamétres de ces ouvertures. Car les cylindres qui ont même hauteur étant entre eux comme leurs bases, & leurs bases étant entre elles en raison doublée de leurs diamétres; les poids des petits cylindres d'eau, & par conséquent les poids soûtenus par ces jets différens, seroient entre eux en raison doublée des diamétres des ouvertures: & parce que ces jets, par la Proposition précédente, ont à leur sortie la même vitesse, il s'ensuit que les jets de même vitesse & de différentes ouvertures soûtiennent des poids qui sont entre eux en raison doublée des diamétres des ouvertures.

Or si on ferme le tuïau N, de la petite machine A B C D, & qu'on en ouvre un autre de même largeur tout auprès de la base A D, comme au point G; l'air en sortira avec la même vitesse que par le tuïau N, si la base supérieure est chargée par le même poids P, & fera équilibre avec le même poids par son choc. Que si l'on emplit d'eau la même machine, le jet qui se fera par l'ouverture G, par l'effort du poids P, fera le même effet que l'air; c'est-à-dire, qu'il fera équilibre par son choc, avec un poids qui sera au poids P, comme l'ouverture G à toute la base B C, parce qu'alors le poids de l'eau ne contribuera rien à la force du jet, puisqu'elle est toute au-dessous, & que si un jet d'eau de même largeur & de même vitesse choquoit celui qui sort par l'ouverture G, il l'arrêteroit, & feroit équilibre avec lui, & soûtiendroit une partie du poids P, selon la proportion de l'ouverture G, à la surface de toute la base B C. D'où il s'ensuit un paradoxe assez surprenant; sçavoir, que l'air & l'eau qui sortent successivement par la même ouverture G, quelque poids qu'on mette sur la base A D, élevent les

mêmes

mêmes poids par leur choc, quoique l'eau soit d'une matière beaucoup plus pesante & plus dense que celle de l'air: mais il arrive aussi en récompense, que l'air sort beaucoup plus vîte que l'eau; car on a trouvé par plusieurs expériences, que si l'air qui est dans la machine, se vuide en l'espace de deux secondes, l'eau ne se vuidera qu'en quarante-six ou quarante-huit à peu près. D'où l'on doit conclure, qu'afin que l'air fasse le même effet par son choc, que de l'eau de pareille largeur; il faut que sa vitesse soit environ 23 fois ou 24 fois plus grande que celle de l'eau. Il s'ensuit aussi que si l'on ajuste un tuïau assez long à l'ouverture G ou N, lorsque le poids P sera descendu, & que ce tuïau ait trois lignes de diamétre d'ouverture; un homme soufflant dedans fera élever ce poids quand il seroit de 500 livres, si les bases AD, BC, ont deux pieds de diamétre. Car on peut élever assez facilement le poids d'une once mis au bout d'une balance, en soufflant par un tuïau de verre de 3 lignes de diamétre contre l'autre bout de la balance à pareille distance. Mais l'ouverture de 3 lignes du petit tuïau N, est à la base BC de deux pieds de diamétre, comme 9 quarré de 3, à 82944 quarré de 288, qui est le nombre des lignes qui sont contenues en deux pieds; & 9 est à 82944, comme une once à 576 livres. Donc l'air sortant par l'ouverture N de trois lignes de diamétre, feroit équilibre avec le poids d'une once, si le poids P étoit de 576 livres; & réciproquement l'air qu'on pousseroit par un tuïau de trois lignes de largeur dans l'ouverture N, avec une force suffisante pour faire équilibre avec une once dans l'air libre, soûtiendroit ce poids de 576 livres: & par conséquent il éléveroit un poids de plus de 500 livres. D'où l'on peut conclure, que si on augmente la base de la machine, ou qu'on diminue l'ouverture du tuïau par lequel on souffle dans la machine, on élévera encore un plus grand poids: & qu'enfin on peut tellement augmenter cette base, & diminuer cette ouverture de tuïau, qu'on pourra élever tel poids qu'on voudra, posé sur la base AD.

TAB. III. Fig. 25.

On peut se servir des régles de la Percussion, expliquée dans les Propositions précédentes, pour rendre raison de plusieurs effets naturels. Nous prendrons pour exemple les effets du Tonnerre.

Il faut premiérement supposer que la matière du tonnerre est une espéce de bitume composé du mêlange de plusieurs particules ou exhalaisons subtiles de soufre, de salpétre, de sels volatiles, &c. dont l'air est tout rempli; ce qui se reconnoît par l'odeur de soufre, qu'il laisse dans les lieux où il tombe, & par son mouvement prompt, comme celui du salpétre & du sel qu'on jette dans le feu.

Cette matière peut s'enflammer par plusieurs causes; comme par le choc de la grêle, dont les nuées élevées sont ordinairement pleines; ou par le choc d'une autre matière semblable, lorsqu'elles sont poussées l'une contre l'autre, par les tourbillons des vents; ou enfin par les mêmes causes qui produisent une très-grande chaleur dans une pierre

de chaux, lorsqu'on verse un peu d'eau dessus: ce qu'on peut juger, parce qu'il ne se fait point de tonnerre ou très-rarement, que dans les nuées qui commencent à se résoudre en pluie, ou dont il tombe de la pluie; car quoiqu'on voïe quelquefois des éclairs pendant un beau tems, cela procéde de quelque nuée qui est au bord de l'horison, laquelle on ne voit pas, & dont l'éloignement empêche qu'on n'entende le bruit du tonnerre.

Il faut encore considérer ce qui arrive au salpétre, à la poix, à la suïe, & à de certaines gommes, quand on les jette dans le feu; sçavoir, que ces corps, & particulièrement le salpétre, poussent de tems en tems des flammes soudaines par divers endroits.

Supposant donc que la matière du tonnerre soit allumée; il est évident qu'elle doit jetter des flammes avec un mouvement très-prompt & très-rapide par les dilatations soudaines des esprits nitreux, &c; & que, comme il a été dit dans l'Avertissement de la Proposition quinzième de la première Partie, ces flammes choquant l'air avec impétuosité, doivent donner un mouvement très-prompt à la matière enflammée, vers le côté opposé, plus ou moins vîte, selon que ces éruptions de flammes seront plus ou moins violentes; & que ce mouvement doit en partie se faire en tournant comme un tourbillon, parce qu'il arrive rarement que le centre de pesanteur de la matière, soit dans la ligne de direction de la flamme; ce qui fait que choquant l'air obliquement, elle donne un mouvement en rond à cette matière, comme il a été dit dans l'Avertissement de la Proposition quinzième, d'un cylindre plein d'eau suspendu, lorsqu'il en sort un jet d'eau oblique; & une autre éruption de flamme, se faisant presque au même instant que la première, en un autre endroit de la matière, son mouvement doit changer de direction: d'où vient que le tonnerre fait plusieurs inflexions, & a un mouvement ondoïant, tel que les Peintres le représentent; & que l'éclair ne paroît pas ordinairement comme une lumière uniforme & continue, mais comme trois ou quatre petits éclairs, qui brillent aux yeux coup sur coup; ce qui fait voir manifestement ces trois ou quatre éruptions de flamme; & c'est aussi d'où procéde le craquettement du tonnerre, à cause que chaque éruption fait son bruit à part.

Ces choses étant supposées, & que la matière du tonnerre aille aussi vîte ou plus vîte qu'un boulet de canon; (ceux qui ont vû jetter des bombes de nuit, sçavent que leur mouvement qui se remarque par la fusée allumée, n'est pas à beaucoup près si vîte que la matière enflammée du tonnerre qu'on voit quelquefois sortir des nuées,) il est nécessaire que cette matière pousse devant soi & entraîne après soi beaucoup d'air qui va très-vîte.

Si le tonnerre rencontre le coin d'une tour de pierre de taille, il peut facilement en arracher & emporter une pierre ou deux, & ébranler en même tems le reste de la tour, & par ce moïen la faire tomber toute en-

entière, ou en partie, quand même sa matière bitumineuse ne peseroit que deux ou trois livres; car elle doit donner à la pierre qu'elle choque, une plus grande quantité de mouvement que celle qu'elle a, par la vingt-sixième Proposition de la première Partie. Or il n'est pas fort difficile au tonnerre de pousser hors de sa place une pierre, qui est au-dessous de plusieurs autres. On en voit l'expérience en petit, lorsqu'on met plusieurs dames de tric-trac les unes sur les autres, & qu'on en pousse une autre en glissant contre celle du dessous; car elle la chasse fort loin, & avec autant de vitesse à peu près, que si elle n'avoit pas été chargée par le poids des autres.

Le tonnerre, rencontrant un arbre, donne par son mouvement en rond, & par le tourbillon de l'air qui l'environne, un semblable mouvement aux branches de l'arbre, & fait un même effet que si l'on prenoit deux branches opposées, par le moïen de quelque machine, pour faire tourner en rond la tige de l'arbre. Or si la racine tient ferme & ne se rompt point, il faut que la tige de l'arbre se fende en deux ou trois endroits, dans toute sa longeur; de la même sorte que si on tord une petite branche d'arbre avec les deux mains, elle se fend en toute sa longueur à peu près. Quelques branches de l'arbre qui servent de levier pour faire tordre la tige, se rompent; & si les racines ne sont pas assez fortes, elles se rompent aussi, & l'arbre se renverse; mais en ce cas, la tige pourra n'être point fendue en longueur. On a vû une piéce de bois comme un mât de navire, plantée en terre, se fendre du haut en bas en deux endroits, par un coup de tonnerre, quoiqu'elle eût quarante pieds de hauteur.

Si le tonnerre tombe dans un lieu fermé, comme une chambre ou une église, on y voit plusieurs effets différens; des vitres cassées en plusieurs endroits, des pierres brisées, des bois rompus, ou un peu brûlés & noircis & quelquefois deux ou trois fentes, par où l'on croit qu'il soit sorti: & l'on s'étonne ordinairement, comment tant d'effets différens se peuvent faire en tant de différens endroits en si peu de tems. Mais cela procéde de ce que la matière du tonnerre, qui n'est pas d'une consistence fort dure, se brise en trois ou quatre parties, par la rencontre d'un corps dur: on la voit même quelquefois se séparer en deux, par la seule résistance de l'air. Or chaque partie aiant en soi un principe de mouvement, par une éruption de nouvelles flammes; chaque parcelle fait ses effets à part, & l'on a vû quelquefois trois ou quatre petites flammes séparées voltiger par une chambre où le tonnerre étoit tombé.

Le tonnerre fond les métaux & les autres matières fusibles, Ces effets procédent de l'ardeur de sa flamme & de la vitesse de son mouvement. Ceux qui ont vû travailler en émail ont pû remarquer que le vent d'un soufflet, passant par le milieu de la flamme d'une lampe, en pousse une partie comme un petit dard qui fond facilement le verre &

les métaux qu'on y expose; & les soufflets n'allument le feu si promptement, que parce qu'ils donnent beaucoup de mouvement à la flamme. Il ne faut donc pas s'étonner si le feu du tonnerre allant beaucoup plus vîte que le vent d'un soufflet, & étant extrêmement ardent, peut fondre en un clin d'œil, l'étain, l'argent & les autres métaux qu'il rencontre. Il peut aussi briser & mettre en poudre une lame d'acier par la vertu de son soufre, dont la flamme pénétre facilement les métaux. Les Chymistes en font voir l'expérience, lorsqu'ils mettent un morceau de soufre contre de l'acier rougi au feu pour le réduire en poudre.

Le bruit du tonnerre vient de la vitesse de son mouvement, dont il choque l'air par la dilatation soudaine des esprits nitreux dont il est plein; ce qu'on peut croire facilement, puisqu'on imite à peu près ce bruit par un peu de poudre d'or impregnée des esprits de quelques sels, qui est ce qu'on appelle de l'or fulminant: on l'imite aussi avec une composition de salpétre, de soufre, & de sel de tartre; car les sels ont un esprit, qui sentant la chaleur se dilate tout à coup, & choque l'air avec une grande force; ce qui fait le bruit.

On pourra expliquer de même plusieurs autres effets du tonnerre. On peut appliquer aussi les mêmes régles de la Percussion à d'autres effets naturels moins considérables, comme en l'expérience suivante.

On emplit d'eau un tuïau de verre d'environ deux pieds de hauteur: on met au-dessus une petite figure d'émail pleine d'air, equel peut sortir & rentrer par un petit trou, dont elle est percée obliquement; & lorsqu'on presse avec le pouce le dessus du tuïau, la petite figure descend, à cause qu'on presse l'air dont elle est pleine, & qu'il y entre de l'eau par le petit trou, qui la rend plus pesante; mais si on leve le pouce tout à coup, la petite figure fait deux ou trois tours avant que de remonter, dont peu de personnes peuvent deviner la cause, qui n'est autre chose si-non que l'air n'étant plus pressé, s'étend tout à coup & fait sortir un petit jet d'eau ou d'air par le petit trou; & ce petit jet choquant l'eau du vaisseau, s'appuïe contre elle pour repousser la figure en arrière; mais parce que le choc est oblique, il lui donne un mouvement en rond, qui la fait piroüetter.

PROPOSITION VIII.

La force du choc horisontal est infinie; c'est-à-dire, que si un corps très-petit en choque directement un autre très-pesant en repos, par un mouvement horisontal, si lent qu'il puisse être, il le mettra en mouvement.

Soit une boule très-pesante posée sur un plan horisontal parfaitement uni, ou suspendue en repos à une longue corde: je dis que si elle est choquée horisontalement par un très-petit corps avec une très-petite vitesse, elle sera ébranlée. Car, par la 1[e]. Conséquence de la Proposition dixiè-

dixième, le mouvement qui n'a point de contraire, ne ſe perd point. Donc ce grand poids s'avancera avec le petit, s'il n'a point de reſſort; & ſi les deux corps ſont à reſſort, le plus grand prendra une quantité de mouvement preſque double de celle du petit corps, par la Propoſition vingt-ſixième.

Que ſi l'on objecte qu'un corps ſuſpendu s'éléve lorſqu'il ſort de ſon repos; on répond que ſon mouvement commence par la tangente horiſontale, & n'a aucune inclinaiſon en ſon premier départ du repos: du moins l'angle de ſon inclinaiſon ſera moindre qu'aucun angle qu'on puiſſe propoſer; & par conſéquent il ne doit pas être conſidéré.

Que ſi l'on dit que la réſiſtance de l'air empêche le mouvement; on répond qu'on peut prendre l'air qui environne le poids, comme joint au poids même, & ne faiſant qu'un ſeul poids; & par conſéquent il ne l'empêchera pas d'être mis en mouvement, puiſqu'on ſuppoſe ce corps de telle peſanteur qu'on voudra. Auſſi voit-on par l'expérience qu'un corps fort peſant ſuſpendu à une corde eſt toûjours en mouvement, s'il fait un peu de vent au lieu où il eſt.

On voit auſſi par l'expérience qu'un corps très-peſant, ſoûtenu par une eau calme en un lieu où il ne fait point de vent, peut être mit en mouvement, en le tirant doucement ſelon le niveau de l'eau avec un très-petit fil de ſoie, ſans que le fil ſe rompe; ce qui procéde de ce que ce corps n'agit aucunement par ſon poids pour rompre ce fil, puiſqu'étant tiré horiſontalement, il demeure toûjours à même diſtance du centre de peſanteur de la terre: mais on ne pourra lui donner au commencement qu'une très-petite viteſſe, conformément à la Propoſition cinquième de la première Partie.

PROPOSITION IX.

Les corps fluides ne choquent pas les corps durs qu'ils rencontrent, par la quantité de mouvement de tout leur corps.

Soit AB un jet d'eau pouſſé ſelon la ligne de direction AB; je dis que ce jet d'eau ne fera pas impreſſion en ſon premier choc ſur un corps qu'il rencontrera, par tout ſon corps AB: car l'eau étant comme compoſée d'une infinité de très-petits corpuſcules ſemblables à de très-petits grains de ſable, il n'y a que les premiers qui font le premier effort ſur le corps qu'ils rencontrent; au lieu que ſi AB étoit un corps ferme, il choqueroit par la quantité de mouvement de tout ſon corps. TAB.III. Fig. 29.

Cette Propoſition ſe prouve par l'expérience en cette ſorte.

Aïez une balance comme la régle AB, tournant par le moïen de l'eſſieu CD, comme celle de la figure vingt-cinquième: empliſſez d'eau un tuïau de verre ou de cuivre, comme FG, ouvert par les deux bouts, & d'égale largeur par-tout, de ſix ou ſept pieds de hauteur; TAB.III. Fig. 30.

teur : mettez le doigt ſous l'ouverture G, pour empêcher l'eau de couler, & le tenez au-deſſus de l'un des bouts de la régle, comme on le voit en la figure ; & mettez à l'autre bout le poids E, moindre d'un tiers que le poids de l'eau du tuïau : laiſſez couler l'eau du tuïau tout à coup ſur le bout de la balance ; & vous verrez qu'elle n'élévera pas le poids qui eſt à l'autre bout au commencement de ſa chûte, mais ſeulement à la fin ; au lieu qu'un cylindre de bois, de pareil poids que l'eau du tuïau, tombant de la même hauteur, élévera au commencement de ſon choc un poids plus grand que ſon propre poids : d'où il s'enſuit qu'il n'y a que les premières parties de l'eau qui faſſent le premier effort dans le choc d'un jet d'eau.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition, que les jets d'eau, ou de quelque autre corps fluide, d'égale largeur & de viteſſes inégales, ſoûtiennent des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée de ces viteſſes inégales. Car d'autant que l'eau & l'air & les autres corps fluides peuvent être conſidérés comme compoſés de petites parcelles imperceptibles, dont il n'y a que les premières qui au premier choc faſſent effort pour ſoûtenir ou pour élever un poids ; il doit arriver que lorſqu'elles vont deux fois plus vîte, il y en a deux fois autant qui choquent en même tems : & par cette raiſon, un jet qui va deux fois plus vîte qu'un autre, doit faire deux fois autant d'effort par la ſeule quantité des petites parcelles qui choquent ; & parce qu'elles vont deux fois plus vîte, elles font encore deux fois autant d'effort par leur mouvement ; & par conſéquent ces deux efforts joints enſemble doivent faire un effet quadruple, & de même à l'égard des autres proportions.

On peut encore démontrer cette Conſéquence par la Propoſition ſeptième de la ſeconde Partie, & par la Conſéquence de la 6ᵉ. Car, puiſque, par cette Propoſition ſeptième, les jets qui jailliſſent au bas d'un réſervoir, dans lequel l'eau eſt ſucceſſivement à différentes hauteurs, font équilibre par leur choc avec des poids qui ſont égaux aux poids des petits cylindres d'eau, qui ont pour baſe l'ouverture par où ſortent les jets, & pour hauteur, la hauteur de l'eau depuis cette ouverture ; & que, par la Conſéquence de la ſixième Propoſition, les viteſſes des jets ſont entre elles en raiſon ſous-doublée des différentes hauteurs de l'eau qui eſt dans les réſervoirs : il s'enſuit que ces viteſſes ſeront entre elles en raiſon ſous-doublée des poids que les jets ſoûtiennent, ou, ce qui eſt la même choſe, que les poids ſoûtenus ſeront l'un à l'autre en raiſon doublée des viteſſes des jets d'égale largeur.

SE-

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il ſuit encore de cette Propoſition neuvième, ce qui a été démontré dans la ſeptième; ſçavoir, que les jets d'eau de même viteſſe & de largeurs inégales ſoûtiennent des poids qui ſont entre eux en raiſon doublée des diamétres de ces largeurs. Car, ſuppoſé que le diamétre de l'un fût double de celui de l'autre, ſa baſe ſeroit quadruple de l'autre baſe; & par conſéquent il y auroit quatre fois autant de petites parcelles qui choqueroient en même tems, leſquelles, allant avec la même viteſſe que les petites parcelles du moindre jet, feroient un effet quadruple.

Que ſi les ouvertures par où ſortent les jets, ont d'autres figures, les poids qu'ils ſoûtiendront, ſeront entre eux comme les ſurfaces de ces ouvertures. Il ſuit enfin de toutes ces preuves, que ſi deux jets d'eau ou d'air, différens, ont les diamétres de leurs ouvertures rondes, réciproques à leurs viteſſes, ils ſoûtiendront des poids égaux par leur choc; & que ſi des corps fluides de différentes denſitez ont les largeurs & les viteſſes de leurs jets égales, les poids qu'ils ſoûtiendront par leur choc, ſeront inégaux, & ſeront l'un à l'autre en raiſon de ces denſitez.

PROPOSITION X.

Les corps fluides en mouvement, comme le vent ou une eau coulante, accélérent le premier mouvement qu'ils ont donné à un corps ferme par leur premier choc.

Soit un corps AB, flottant ſur une eau non courante, choqué par un grand vent, commençant tout à coup & continuant long-tems; il eſt évident par la Propoſition précédente, que le premier choc du vent, c'eſt-à-dire de l'air émû, n'agit que par ſes premières particules, qui aiant peu de denſité ne donneront qu'une très-petite partie de leur viteſſe au corps AB: mais, par la ſeconde Propoſition de la première Partie, le vent rencontrant enſuite le même corps qui eſt déja en mouvement de même part, le fera aller plus vîte après le ſecond choc, que s'il eût été en repos; & par la même raiſon, la ſuite des autres particules de l'air le choquant toûjours de nouveau, & le rencontrant en plus grand mouvement, l'augmenteront encore; & enfin il ira preſque auſſi vîte que le vent même, ſi la réſiſtance de l'eau ne l'en empêche. La même choſe arrivera à un corps peſant ſuſpendu, ſoit qu'il ſoit choqué par un jet d'eau ou par le vent: car, par les deux Propoſitions précédentes, les premières particules du jet lui donneront du mouvement, & la continuation du choc, par de nouvelles particules, augmentera ſa viteſſe par les raiſons ci-deſſus.

TAB.III. Fig. 31.

Que ſi l'on demande, par quels degrez ſe fait l'accélération du mouvement

vement d'un vaiſſeau ſur la mer; on peut répondre qu'au commencement de ſa courſe il reçoit par le choc du vent, en des tems égaux, de nouveaux degrez égaux de viteſſe, & que les eſpaces qu'il parcourt en des tems égaux, comme de deux ou trois ſecondes, ſont entre eux comme les quarrez des tems à peu près, ſi le vent ſouffle toûjours d'une même force; ce qu'on prouvera en cette ſorte.

Suppoſons que le vaiſſeau pèſe 100000 livres, & que les premières particules de l'air qui choque les voiles & le vaiſſeau, pèſent une livre. Or ſi l'on exprime les degrez de la viteſſe de ces premières particules de l'air par 100001, nombre de ces poids; & qu'on ſuppoſe, pour l'intelligence de la démonſtration, que le vent ſouffle par repriſes coup ſur coup: il eſt évident par la ſeconde Conſéquence de la dixième Propoſition de la première Partie, que le vaiſſeau recevra un degré de viteſſe par le premier choc, & que ſa quantité de mouvement ſera 100000, & qu'au ſecond choc il prendra une viteſſe de deux degrez par la Propoſition onzième de la première Partie; car la ſomme des quantitez de mouvement du vaiſſeau, & des particules de l'air qui agiſſent dans le ſecond choc, ſera de 200001 de même part, & ce nombre étant diviſé par 100001, ſomme des poids, donnera pour quotient $\frac{200001}{100001}$, nombre égal à deux, moins $\frac{1}{100001}$; mais pour la facilité du calcul, on prendra deux préciſément pour ce quotient. On prouvera de même, par la même Propoſition onzième, qu'au troiſième choc la viteſſe du vaiſſeau ſera de trois degrez, au quatrième de quatre degrez, & ainſi de ſuite. Or ſi chaque nouveau choc ſe fait dans l'intervalle d'une tierce, qui eſt $\frac{1}{60}$ d'une ſeconde, & que par le premier choc le vaiſſeau ſe ſoit avancé d'un pouce par une viteſſe uniforme, il s'avancera de deux pouces au ſecond choc, de trois au troiſième, &c. & enfin au 100e. de 100 pouces; & la ſomme de tous ces pouces ſera 5050, ou 421 pieds moins deux pouces: mais au 200e. choc, le vaiſſeau prendra une viteſſe de deux cent degrez, & s'avancera de 200 pouces, ſa viteſſe étant ſuppoſée uniforme; & la ſomme de tous les pouces, parcourus en 200 tierces, ſera 20100 pouces, ou 1675 pieds, nombre quadruple à peu près de 421 pieds. Et quoique le ſouffle du vent ſoit continu, & non à repriſes, l'accélération ne laiſſera pas de ſe faire à peu près de même, à cauſe que l'écoulement du tems eſt auſſi continu, juſques à ce que le vaiſſeau aiant acquis une grande viteſſe, la réſiſtance de l'eau commence à diminuer notablement cette progreſſion. Le choc des rames doit faire à peu près un ſemblable effet ſur les galéres en un tems calme: mais leur augmentation de degrez égaux de viteſſe, en des tems égaux, ne dure pas long-tems; parce que l'air & l'eau ſont plus de réſiſtance, à meſure que la viteſſe s'augmente, & qu'enfin la galére acquiert une certaine viteſſe qu'elle n'augmente plus, puiſque ſa plus grande viteſſe doit être moindre que celle du mouvement des rames.

LEM-

LEMME.

PROPOSITION XI.

Un corps qui tombe dans l'air libre, commence à tomber avec une vitesse déterminée, & qui n'est pas infiniment petite ; c'est-à-dire, qu'elle est telle, qu'il y en peut avoir de moindres, en différens degrez.

Car il est impossible qu'un mouvement soit sans une vitesse déterminée, & entre le mouvement & le repos, il n'y a point de milieu: donc si-tot qu'il est en mouvement, il a une certaine vitesse.

Que si le mouvement vers le centre est causé par le choc de quelque matière subtile & invisible, ou par un principe de mouvement qu'ont les corps sublunaires les uns vers les autres, ou par quelques autres causes; cet agent naturel, quel qu'il soit, a une action déterminée; donc son effet sera aussi déterminé, c'est-à-dire, la première vitesse imprimée au corps qui tombe: de même que lorsque du fer est posé sur un corps flottant sur l'eau, & qu'il se meut vers une pierre d'aimant, le commencement de son mouvement a une vitesse certaine & déterminée, plus grande ou moindre selon la distance d'où il commence à se mouvoir; & cette vitesse s'accélére jusques à ce qu'il touche l'aimant: & deux vaisseaux sur mer étant agités & poussés, l'un par un vent foible, & l'autre par un vent violent, ce dernier fera beaucoup plus de chemin que l'autre en un même tems ; ce qui n'arriveroit pas, si les commencemens de leurs mouvemens n'étoient différens l'un de l'autre: car leur mouvement s'accélére, par la Proposition précédente, & les accélérations sont proportionnées aux premières vitesses, si l'on fait abstraction de la résistance de l'eau. D'ailleurs, les corps qui tombent perpendiculairement, accélérent aussi leur mouvement, & ceux qui tombent par un plan incliné, parcourent un moindre espace en même tems. Donc, comme il est dit des vaisseaux sur mer, les commencemens de leurs mouvemens sont plus vîtes en l'un qu'en l'autre; & puisqu'il y a du plus & du moins, la vitesse n'est pas infiniment petite en celui qui commence à tomber perpendiculairement. On peut encore considérer une balance dont l'un des bras soit 10 fois plus grand que l'autre; car si l'on met sur l'extrémité du petit bras un poids de dix livres, & sur l'autre extrémité un poids d'une livre & une once, ce dernier descendra un peu moins vîte que s'il étoit libre; mais le poids de dix livres s'élévera avec une vitesse dix fois moindre: d'où il s'ensuit que le commencement de celle du petit poids n'étoit pas de la dernière lenteur, & qu'il peut y avoir des vitesses encore moindres à l'infini, puisqu'on peut augmenter la proportion des bras de la balance à l'infini.

 On

On démontre auſſi cette Propoſition en cette ſorte.

TAB.III. Fig. 32. Soit AB une corde à laquelle ſoit ſuſpendu le poids C d'une livre, choqué par un jet d'eau DE, s'élevant perpendiculairement & ſortant par un trou quarré d'un demi pouce de largeur par l'effort du poids de l'eau qu'on ſuppoſe être dans le réſervoir à la hauteur de deux pieds au-deſſus du trou. Or ſi le premier mouvement du corps C tombant, étoit infiniment petit; d'autant que la raiſon du poids C, au poids des premières particules de l'eau qui le choquent, n'eſt pas infiniment grande, & que la raiſon de la viteſſe du jet d'eau à celle du poids lorſqu'il commence à tomber, eſt infinie par l'hypothèſe, ſi l'on coupe la corde de ſuſpenſion, le poids ne pourra tomber, par la Propoſition ſixième de la première Partie: car la quantité de mouvement des premières particules du jet d'eau ſera plus grande que celle du poids lorſqu'il commence à tomber, & par conſéquent le poids s'élévera, par la Propoſition douzième de la première Partie. Mais, par la onzième, le jet d'eau le rencontrant en mouvement lui donnera une plus grande viteſſe, & par ce moïen ſa viteſſe ſera accélérée, & il s'élévera enfin à une hauteur ſenſible, par la Propoſition précédente; ce qui répugne à l'expérience: car un tel poids, choqué par un tel jet d'eau, ne s'élévera point; mais il vaincra la force du jet lorſqu'on coupera la corde, & il tombera, puiſque, par la Propoſition 7[e]. de la 2[e]. Partie, ce jet d'eau ne pourroit ſoûtenir 4 onces. Donc la quantité de mouvement de ce poids d'une livre ſera plus grande que celle de l'eau qui le choque, par la même Propoſition; & par conſéquent ſa première viteſſe n'eſt pas infiniment petite, mais elle eſt telle, que, lorſqu'elle ſera à la viteſſe d'un autre jet d'eau plus large ou plus vîte, réciproquement, comme le poids des premières particules qui choquent, eſt à ſon poids, il y aura équilibre; & alors, ſi peu qu'on augmente le jet en largeur ou en viteſſe, il élévera ce poids à une hauteur conſidérable à cauſe de l'accélération. Que ſi l'on dit qu'un corps ſuſpendu & en repos n'a point de viteſſe par laquelle on puiſſe multiplier ſon poids, & par conſéquent qu'il n'a point de quantité de mouvement; on répond, qu'il faut conſidérer la première viteſſe ſelon laquelle il doit commencer à deſcendre, comme s'il l'avoit déja effectivement; de même que ſi l'on met un petit morceau de fer ſur quelque corps léger flottant ſur l'eau, & qu'on en approche une bonne pierre d'aimant à cinq ou ſix pouces près, ce corps commencera à ſe mouvoir vers l'aimant avec une plus grande viteſſe, que lorſqu'on l'en tient éloigné de deux ou trois pieds: & en ce dernier cas, il faudra un jet d'eau d'une moindre quantité de mouvement pour l'empêcher de ſe mouvoir vers l'aimant, qu'au premier; & par conſéquent, on doit conſidérer ce fer en ces deux cas, comme aiant deux quantitez de mouvement différentes, ſçavoir les produits de ſon poids par les deux différentes viteſſes avec leſquelles il commence à ſe mouvoir vers l'aimant.

La

La même chose arrivera si l'on met un grand poids sur un ballon enflé : car ce poids descendra & pressera l'air du ballon, qui par son ressort élévera derechef le poids en haut, lequel retombera ensuite, & enfin il se fera équilibre entre le poids & le ressort de l'air; ce qui arrivera lorsque le ressort de l'air du ballon aura précisément la force de repousser ce poids horisontalement avec la même première vitesse que ce poids auroit dans le commencement de sa chûte, si le ballon étoit ôté.

On pourroit même déterminer une vitesse assez considérable, comme de passer un espace de deux lignes en une seconde par un mouvement uniforme, & montrer que cette vitesse est moindre que celle que prennent les corps pesans au commencement de leur chûte. Voici comme on peut résoudre ce Problême.

On a trouvé par plusieurs expériences qu'une grosse goute d'eau faisoit 12 pieds à fort peu près en une seconde, en tombant par l'air libre. Or, suivant la doctrine de *Galilée*, elle acquiert une telle vitesse au bas de cette chûte, qu'elle parcourroit vingt-quatre pieds à peu près pendant le même tems d'une seconde, si elle conservoit cette vitesse acquise sans l'augmenter ni diminuer. Mais, par la Proposition sixième de la deuxième Partie, un jet d'eau qui jaillit au bas d'un réservoir de douze pieds, a une vitesse suffisante pour s'élever à cette hauteur; &, selon *Galilée*, cette vitesse est la même que celle que la goute d'eau acquiert au bas de cette chûte de douze pieds. Mais, par la Proposition septième, ce jet peut soûtenir par son choc un poids d'un cylindre d'eau de douze pieds de hauteur, qui auroit sa base égale à l'ouverture du jet: d'où il s'ensuit que, si cette ouverture étoit d'un pouce de diamétre, ce jet feroit équilibre avec un poids de 72 onces, puisque chaque colomne d'un pied de hauteur & d'un pouce de diamétre de base pèse à peu près six onces. Mais, par la sixième Proposition de la première Partie, quand les poids en se choquant font équilibre, leurs vitesses sont réciproques à leurs poids. Puis donc que ce jet peut soûtenir 72 onces, il faut que sa vitesse soit à la première vitesse que prendroit ce poids en tombant, réciproquement comme ce poids est au poids des premières particules du jet qui agissent: car, par la 9e. Proposition de la seconde Partie, il n'y a que les premières particules des jets jusques à une certaine épaisseur qui agissent. Mais parceque ces premières particules n'agissent pas également (les unes glissant le long des autres, quand elles n'ont pas les mêmes lignes de direction) si on suppose que cette épaisseur s'étend seulement jusques à six ou sept lignes, & que toutes les particules qui sont dans cet espace agissant inégalement, ne font pas plus d'effort que feroient celles qui seroient dans l'épaisseur de deux lignes, si elles agissoient toutes de toute leur force, comme un solide de glace qui auroit un pouce de largeur & deux lignes de hauteur; on trouvera que le poids de 72 onces sera au poids de ce petit cylindre d'eau de deux lignes

gnes de hauteur & d'un pouce de largeur, comme la viteſſe du jet, au commencement de ſa ſortie, eſt à la première viteſſe qu'auroit ce poids de 72 onces en tombant. Or le poids de ce petit cylindre n'eſt que de $\frac{2}{3}$ de gros, c'eſt-à-dire, $\frac{1}{12}$ d'une once. Donc, ſi on fait que, comme 72 eſt à $\frac{1}{12}$, ou comme 864 à 1, ainſi une viteſſe à faire 24 pieds en une ſeconde, ſoit à une autre viteſſe; ce quatrième proportionnel ſera quatre lignes en une ſeconde, qui eſt une plus grande viteſſe que les deux lignes qu'on a propoſées.

Que ſi l'on dit qu'il faut prendre moins de deux lignes d'épaiſſeur pour l'équivalent des particules d'eau qui agiſſent inégalement, pour faire équilibre par leur choc aux 72 onces; on pourra réduire cette épaiſſeur à une ligne & demi, & alors la première viteſſe des corps qui tombent, ſera réduite à pouvoir faire trois lignes en une ſeconde par un mouvement uniforme, laquelle ſera encore plus grande que celle de faire deux lignes en une ſeconde, qu'on a ſuppoſé être celle avec laquelle les corps peſans commencent leur chûte.

On pourroit encore, pour réſoudre ce Problême, ſe ſervir de ces petits cylindres ou canons de verre ſolide d'une ligne ou deux d'épaiſſeur, dont les Emailleurs ſe ſervent; ce qu'on fera en la manière ſuivante. Mettez ſur un marbre bien uni, ſitué horiſontalement, un de ces petits canons longs de 2 pouces & épais de 2 lignes; chargez-le d'un fer ou d'un autre corps dur & poli, & y ajoûtez des poids juſqu'à ce que le verre puiſſe être écraſé. Laiſſez tomber enſuite d'une médiocre hauteur ſur un pareil bout de verre poſé de même ſur le même marbre, un poids de fer ou de cuivre plat & uni en ſa ſurface inférieure, ſitué horiſontalement, & augmentez ce poids juſqu'à ce qu'il écraſe le verre. Or ſi, par exemple, il faloit 400 livres de poids pour écraſer le petit cylindre, & que, laiſſant tomber de 7 pouces un poids de deux livres 2 onces, il s'en écraſât un ſemblable; on feroit cette analogie, comme 400 eſt à deux livres $\frac{1}{8}$, ainſi une viteſſe à parcourir 830 lignes en une ſeconde, (qui eſt la viteſſe qu'acquiert à peu près un poids de 2 livres 2 onces de fer, d'une hauteur de ſept pouces) eſt à quatre lignes & un peu plus: d'où vous pourrez juger que la première viteſſe d'un poids de 400 livres, qui commence à tomber dans un air calme, eſt telle qu'il pourroit faire quatre lignes en une ſeconde, s'il continuoit à ſe mouvoir uniformément ſelon cette première viteſſe. On a fait cette expérience & pluſieurs autres ſemblables, leſquelles ont donné à connoître cette première viteſſe de pouvoir faire à peu près quatre lignes en une ſeconde.

AVERTISSEMENT.

GAlilée *a fait quelques raiſonnemens aſſez vrai-ſemblables pour prouver qu'au premier moment qu'un poids commence à tomber, ſa viteſſe eſt plus pe-*

petite qu'aucune qu'on puiſſe déterminer. Mais ces raiſonnemens ſont fondés ſur les diviſions à l'infini, tant des viteſſes que des eſpaces paſſés, & des tems des chûtes, qui ſont des raiſonnemens très-ſuſpects, comme celui que les anciens faiſoient pour prouver qu'Achille ne pourroit jamais atrapper une Tortuë, auquel raiſonnement il eſt difficile de répondre & d'en donner la ſolution; mais on en démontre la fauſſeté par l'expérience, & par d'autres raiſonnemens plus faciles à concevoir. Ainſi l'on objectera à Galilée *les raiſonnemens ci-deſſus, qui ſont faciles à concevoir, particulièrement celui de la balance, & qui ſont beaucoup plus clairs que les ſiens, qu'il a fondés ſur les diviſions à l'infini, qui ſont inconcevables, & ſur de certaines régles de l'accélération de la viteſſe des corps, qui ſont douteuſes: car on ne peut ſçavoir, ſi le corps tombant ne paſſe pas un petit eſpace, ſans accélérer ſon premier mouvement, à cauſe qu'il faut du tems pour produire la plûpart des effets naturels, comme il paroît lorſqu'on fait paſſer du papier au travers d'une grande flamme, avec une grande viteſſe, ſans qu'il s'allume; & par conſéquent on doit préférer les raiſonnemens ci-deſſus à ceux de* Galilée.

PROPOSITION XII.

SOit le poids C, ſuſpendu à la corde AB, plus peſant que le poids F, ſuppoſé ſans reſſort; & que la viteſſe du poids F, ſoit telle que choquant le poids C, de bas en haut, il puiſſe l'élever. Je dis qu'il peut y avoir un jet d'eau tel que choquant le même poids C, de bas en haut, il ne pourra l'élever, quoique ſa viteſſe ſoit égale à celle du poids F; mais que ſi ce jet d'eau choque horiſontalement le même poids C, il le pouſſera beaucoup plus loin, que le poids F ne le pouſſera, le choquant horiſontalement avec la même viteſſe. TAB. III. Fig. 32.

Suppoſons que le poids C pèſe vingt onces, & le poids F une once, & que les premières particules de l'eau du jet qui agiſſent au premier moment du choc, pèſent une demi once. Il eſt évident par la ſeptième Propoſition, que ſi AB eſt le réſervoir d'eau d'où ſort le jet, & qu'il ſoit d'une telle hauteur, & l'ouverture D, d'une telle largeur, que le cylindre d'eau qui a pour baſe cette ouverture & pour hauteur AB, pèſe vingt onces; le jet d'eau ſoûtiendra ſeulement le poids C, & ne l'élévera pas, mais le poids F, étant deux fois plus peſant que les premières particules du jet, l'élévera par ſon choc. TAB. III. Fig. 34.

Que ſi l'on ſuſpend le poids F auprès du poids C, dans la machine décrite en la première Propoſition; & que l'aiant élevé à 21 degrez, on le laiſſe aller contre le poids C: il lui donnera une viteſſe qui le fera aller juſques à la hauteur d'un degré, par la Conſéquence de la dixième Propoſition de la première Partie; au lieu que les premières particules de l'eau du jet, lorſqu'elles le choqueront horiſontalement avec la même viteſſe, ne lui donneront qu'environ $\frac{1}{2}$ degré de viteſſe: mais la continuation du choc par les particules d'eau ſuivantes, accélé- TAB. I. Fig. 3.

rant son mouvement, le fera aller à plus de trois ou quatre degrez ; & même si le jet d'eau le suivoit en son mouvement pour le choquer toûjours avec la même force directement, il l'éléveroit enfin plus haut que le point de suspension. Car soit le même poids C, ataché à la corde AB, & mis en diverses situations dans la circonférence BHIF de 90 degrez, aux points B, H, I, F: il est évident que, puisque le jet le peut soûtenir étant en repos au point F, il l'élévera au-dessus de ce point, s'il l'a déja mis en mouvement, par la onzième Proposition de la première Partie, & à plus forte raison, lorsqu'il le rencontrera à la hauteur BI, ou BH. Que si ce poids étoit soûtenu par des appuis à la hauteur BI, un jet d'eau de même vitesse, dont l'ouverture seroit à celle du premier, comme la ligne horisontale ID est au raïon AI, le tiendroit en équilibre, & l'empêcheroit de tomber, si les appuis étoient ôtés; & s'il étoit appuïé à la hauteur de l'arc BH de 30 degrez, il suffiroit que l'ouverture du jet fût égale à la moitié de celle du premier en surface, car le raïon AH est double du sinus HM: d'où l'on doit tirer cette Conséquence, que la première vitesse du corps C, tombant perpendiculairement, est double de celle avec laquelle il commence à descendre par un plan, dont l'angle d'inclinaison est de trente degrez.

TÃB. III. Fig. 33.

On trouvera de même en toutes les autres inclinaisons le jet d'eau qui sera suffisant pour faire équilibre avec le poids C, ou avec quelque autre poids qu'on voudra.

Il faut remarquer que si les premières particules du jet ne peuvent élever un poids, les suivantes ne doivent pas l'élever, puisqu'elles ne vont pas plus vîte, & que leur poids n'est pas plus grand que celui des premières.

CONSÉQUENCE.

Il suit de cette Proposition & de la septième de cette seconde Partie, que la force du choc de bas en haut n'est pas infinie, c'est-à-dire, qu'un petit corps n'élévera pas un corps quelque grand qu'il puisse être, en le choquant de bas en haut; puisque plusieurs petites particules d'eau, choquant ensemble un corps de médiocre pesanteur, ne peuvent l'élever: mais si le poids suspendu est une grosse boule à ressort, & qu'une petite boule aussi à ressort, le choquant de bas en haut, ne puisse l'élever tout entier ; elle ne laissera pas d'élever un peu la partie choquée, & même la partie opposée au choc par le frémissement du ressort.

PROPOSITION XIII.

SI deux poids aiant une égale quantité de mouvement, tombent sur une balance, de part & d'autre du centre de mouvement, en des points également

ment distans de ce centre, ils feront équilibre au moment du choc; & si les points où ils choquent la balance, sont inégalement distans du centre de mouvement, ils ne feront pas équilibre: mais si leurs quantitez de mouvement sont en raison réciproque des distances inégales, ils feront équilibre au moment du choc.

Aïez une balance comme AB, tournant sur l'essieu CD; mettez deux poids égaux sur cette balance aux points E & L, également distans du centre de mouvement I: ces poids feront équilibre par les régles de la Méchanique. Otez l'un des poids qui étoit au point L, & par le moïen d'un vaisseau cylindrique fort large, plein d'eau, comme AB en la trente-quatrième figure, faites tomber sur le même point L, un jet d'eau qui fasse équilibre avec le poids en E, comme il a été enseigné en la septième Proposition de la seconde Partie; & au lieu du poids qui est au point E, faites y tomber un autre jet d'eau égal au premier: il est évident que ces jets d'eau feront équilibre entre eux; & qu'y aiant autant de particules d'eau qui choquent en même tems en l'un qu'en l'autre, celles de l'un auront ensemble une quantité de mouvement égale à celles de l'autre ensemble, puisqu'on suppose qu'elles vont avec une même vitesse. Il est encore manifeste, que si deux petits corps égaux entre eux & sans ressort, sont de même poids que ces premières particules d'eau, & choquent la balance aux mêmes points, en même tems, avec des vitesses égales, ils feront aussi équilibre, & auront des quantitez de mouvement égales avant le choc. TAB III. Fig. 3

Mettez ensuite les deux premiers poids en des distances inégales, comme en L & en H; le poids en L emportera le poids en H: & parce que le jet en L, faisoit équilibre avec le poids en E, & que ce poids étant en H, ne fait plus équilibre avec le poids en L, il ne fera pas non plus équilibre avec le jet en L: & par la même raison, si le jet, qui tombant en E faisoit équilibre avec le jet tombant en L, est transporté pour tomber en H, il cessera de faire équilibre avec l'autre jet; & de même à l'égard des petits corps égaux qui tomberoient en même tems avec des vitesses égales aux points L & H. Or si les premiers poids sont entre eux en raison réciproque des distances LI, HI, ils feront équilibre étant en L & H. Mais, par ce qui a été dit dans la Proposition septième de la seconde Partie, si MI est égale à IH, & qu'on fasse tomber au point M un jet, dont l'ouverture soit à l'ouverture d'un des premiers jets, comme le poids nouveau mis en H, est à l'un des premiers poids mis en L, il fera équilibre avec ce poids mis en H; & s'il est transporté en H, il fera alors équilibre avec le premier poids mis en L; & si au lieu de ce poids en L, on y fait tomber un des premiers jets, il y aura encore équilibre entre ces deux jets inégaux, parce que chacun d'eux fait le même effort que les poids avec lesquels ils font équilibre en distances égales. Il paroît donc, qu'afin que deux corps qui tombent sur une balance deçà & delà du centre de mou-

mouvement en même tems, fassent équilibre au moment du choc, il est nécessaire que les distances des points où ils tombent; soient en raison réciproque de leurs quantitez de mouvement; & que si deux corps inégaux comme A & B, atachés aux extrémitez d'une ligne inflexible AB, située horisontalement, tombent sur la ligne CD, supposée inflexible & inébranlable, & que le point E, qu'on suppose être leur centre commun de pesanteur, rencontre la ligne CD, il se fera équilibre entre ces poids au moment du choc, supposé que ces poids tombent avec une vitesse égale; ce qui est possible, comme il sera démontré ensuite: car il doit arriver la même chose, que si la ligne AB s'appuïant par son point E sur la ligne CD, ces poids inégaux tomboient avec des vitesses égales sur les points A & B.

TAB.III. Fig. 36.

Il s'ensuit aussi, que si un corps comme GE, dont le centre de pesanteur soit au point N, tombe selon la ligne de direction NM, perpendiculaire à l'horison sur une ligne horisontale inébranlable, il se fera équilibre au moment du choc; & que s'il la rencontre par un autre de ses points, hors de cette ligne NM, il ne se fera pas équilibre entre les parties de ce corps.

TAB.III. Fig. 37.

Il s'ensuit encore, que si deux corps égaux en poids tombent en même tems avec des vitesses inégales sur la balance AB, ils ne feront point équilibre au moment du choc, si les distances depuis le point I, jusques aux points où ils tombent, ne sont en raison réciproque de leurs quantitez de mouvement: de même, si un poids d'une livre tombe de cent pieds de hauteur, sur l'un des bras de cette balance, & qu'un autre poids de dix livres tombe de la hauteur d'un pied sur l'autre bras en distance inégale du point I, ils ne feront point équilibre au moment du choc; parce que leurs vitesses acquises par leur chûte, sont en raison sous-doublée de 100 à un, c'est-à-dire, comme 10 à 1, par la première Supposition, & par conséquent elles seront réciproques à leurs poids, & leurs quantitez de mouvement seront égales, par la quatrième Proposition de la première Partie; & par ce qui est dit ci-dessus, ces poids doivent tomber à distances égales du point I, pour faire équilibre au moment du choc.

TAB.III. Fig. 30.

L'on voit par ces raisonnemens, qu'afin que deux corps étant en mouvement & tombant de part & d'autre du centre d'une balance en même tems, fassent équilibre au moment de leur choc; il faut que le nombre solide, produit par la multiplication du poids de l'un, par sa vitesse, & par la distance du point où il tombe jusques au centre de la balance, soit égal au nombre solide de l'autre poids multiplié de même: comme si un corps pèse trois onces, & choque avec une vitesse de quatre degrez le bras d'une balance, à cinq pouces de distance du centre de mouvement, son produit solide sera 60, qu'on peut appeller sa quantité de mouvement solide; & si un autre corps pèse deux onces, & qu'il choque la balance avec trois degrez de vitesse à une distance de dix pouces du centre de

de mouvement, le produit de ces trois nombres sera encore 60, & ces deux corps feront équilibre au moment de leur choc.

A l'égard du choc oblique des jets d'air ou d'eau, voici les régles qu'on peut suivre.

Soit KL la direction d'un jet d'air sortant de quelque soufflet ou de quelque machine comme celle de la figure 28e, & soit supposé que ce jet ait la même vitesse & la même largeur qu'un autre qui souffleroit de haut en bas par le tuïau FG sur la régle ou balance AB au point L, & qu'il y ait au point E un poids tel qu'il puisse faire équilibre avec la force du jet d'air GL: on demande quel poids il faut mettre au point E, pour faire équilibre avec la force du jet d'air oblique KL. TAB III. Fig. 30.

Soit abaissée la perpendiculaire KN sur le plan de la régle AB; il est évident par ce qui a été dit dans la Proposition cinquième, que la force de ce choc sera à celle du choc direct GL, comme la ligne KL est à la ligne KN: si donc on fait que comme KL est à KN, ainsi le premier poids en E soit à un autre poids; ce dernier poids étant mis au point E fera équilibre avec la force du jet oblique KL, & si l'angle KLN est de 30 degrez, ce dernier poids sera au premier comme 1 à 2.

Soit maintenant CD un essieu cylindrique, comme celui de la figure 25e, autour duquel puisse tourner la régle AB, située horisontalement, & traversant cet essieu à angles droits. Soit élevée perpendiculairement sur le plan de cette régle la ligne BE: soit aussi continuée de part & d'autre en HG la ligne *e* B *d*, divisée également en B, & parallele à l'axe du cylindre CD: soient encore les lignes ponctuées LBI, KBM, se coupant à angles droits dans le plan des lignes EB, HBG. TAB. IV*. Fig. 49.

Il est manifeste que, s'il y a un poids suspendu au point B, une puissance en E, tirant selon la direction BE, agira de toute sa force pour élever ce poids; & qu'étant au point G, & tirant selon la direction BG, elle n'agira aucunement sur lui pour l'élever, parce que la régle AB ne peut tourner en ce sens-là. Mais, si on considére toutes ces lignes partant du point B, comme les raïons égaux d'une rouë dont ce point seroit le centre, on jugera aisément que la même puissance étant en M, & tirant selon la direction BM pour élever le poids mis en B, n'agira que selon la proportion de la ligne BM ou BE à la ligne BN, si MN est perpendiculaire à BNE; parce que cette puissance s'avançant de l'espace BM, ne s'avanceroit selon la direction perpendiculaire de bas en haut que de l'espace BN, au lieu que la puissance E s'avançant selon la direction BE par un espace égal à BM, parcourroit un espace égal à BM selon la même direction perpendiculaire; & afin que ces deux puissances fissent équilibre, il faudroit que celle qui seroit en M, fût à celle qui seroit en E, comme BE ou BM, à BN.

La même chose arrivera à deux jets d'air de même largeur & de même vitesse, dont l'un, sçavoir PO parallele à KBM, choqueroit direc-

 tement

tement une ſurface perpendiculaire BRSE, & l'autre choqueroit directement de bas en haut au point B une ſurface repréſentée par HG, qui ſeroit dans le même plan que la régle AB. Car, ſi ce dernier fait équilibre avec un poids de 2 onces mis en B, l'autre fera équilibre avec un poids d'une once mis au même point; & ſi un autre jet égal à PO choquoit la même ſurface repréſentée par la ligne LBI, ſelon la direction perpendiculaire TO, de bas en haut, il feroit équilibre ſeulement avec une demi once: car la force de ce jet choquant obliquement la ſurface LBI, ſous un angle de trente degrez, n'auroit que la moitié de la force qu'il auroit en la choquant directement ſelon la ligne PO; & parce qu'il ne pourroit ſoûtenir qu'une once par ce choc direct, il n'en ſoûtiendroit qu'une demi par le choc oblique de 30 degrez.

TAB. IV*. Fig. 50. On en a fait l'expérience en la manière ſuivante.

ab eſt le même bras AB de la balance de la figure 49e, aiant ſon centre de mouvement en la ligne *ef*. On atacha à ſon extrémité *b* un coin, ou priſme creux, compoſé de trois petits aix très-minces de même longueur & largeur, ſçavoir DG, EH, HD; le petit aix DEFG étoit ſur la régle *a b* en une ſituation horiſontale; les trois lignes FG, FH, GH, étoient égales entre elles. On avoit mis à l'extrémité *a* un poids tel qu'il faiſoit équilibre avec ce coin. On fit une ouverture ronde *g* d'environ neuf lignes de diamétre au-deſſus d'un tuïau de bois quarré, ſitué horiſontalement, qui portoit le vent d'un grand ſoufflet chargé d'une pierre fort peſante: le vent ſortant par l'ouverture *g* alloit directement de bas en haut. On fit rencontrer vis-à-vis de cette ouverture le milieu de l'aix DEFG, ſitué horiſontalement, après avoir tourné la régle avec ſon eſſieu, en ſorte que la pointe H du coin étoit en haut; & le jet d'air rencontrant directement cette ſurface DG à quatre pouces de diſtance de l'ouverture *g*, fit équilibre avec un poids d'une once. Mais lorſqu'on eût remis le coin en ſa première ſituation, comme on le voit en la figure, le même jet d'air choquant obliquement la ſurface DIFH dans ſon milieu à la même diſtance de quatre pouces de l'ouverture, il ne ſoûtint qu'un quart d'once: car l'angle de l'obliquité du choc étant de trente degrez, il perdoit par cette cauſe la moitié de ſa force; & cette ſurface étant pouſſée par le jet ſelon la direction KM de la 49e figure, & non ſelon la direction BE qui eſt la direction propre de l'extrémité B de la balance, il perdoit encore une moitié de cette moitié de force. On fit enſuite une autre ouverture *m* égale à la première, & les deux jets d'air *g* & *m* choquant obliquement les ſurfaces DH, EH, firent équilibre avec une demi once;

TAB. IV*. Fig. 50. mais quand ils vinrent à choquer directement la ſurface DEFG, après qu'on eût tourné la régle avec ſon eſſieu, ils firent équilibre à deux onces préciſément.

TROI-

TROISIÈME PRINCIPE D'EXPERIENCE.

PROPOSITION XIV.

SI deux corps égaux ou inégaux, atachés aux extrémitez d'une balance, tombent sur un appui, en sorte qu'au moment que la régle qui sert de balance, rencontre l'appui, il se fasse équilibre entre les deux corps; l'appui recevra plus d'impression par le choc, que si la régle le rencontroit autrement.

Aïez une balance comme AB, appuïée sur la ligne CD, (il faut prendre pour cette ligne le côté d'un prisme triangulaire, dont l'un des plans soit posé sur une surface horisontale): mettez un poids comme F, près de l'extrémité B, soûtenue par l'appui *q*, & un autre petit prisme triangulaire près de l'autre extrémité A, dont la ligne SR soit l'un des côtez, laquelle ligne servira d'appui à une autre régle LEI, chargée de deux poids L & M, deçà & delà du point E, qui est supposé le centre du mouvement de cette régle IL; faites que ces poids soient tellement disposés, que les deux L & M soient en équilibre, & qu'ils fassent aussi équilibre ensemble avec le poids F. Or si vous ajoûtez un petit poids sur E, le poids F s'élévera; mais si vous éloignez le poids M en G, ou en P, le poids F ne s'élévera point, quoique le poids ajoûté demeure, parce qu'alors le poids M ne s'appuïera pas par tout son poids sur la régle AB: & même vous verrez que si le poids M est 10 ou 12 fois plus éloigné du point E, que le poids L, qu'on suppose lui être égal, on pourra y ajoûter un très-grand poids, sans qu'il puisse faire élever le poids F; ce qui procéde de ce que ce grand poids ajoûté, ne fait pas tourner la régle LI, sensiblement plus vîte que le seul poids, égal au poids L; & par conséquent il ne se fait pas un effort sensiblement plus grand sur l'appui SR, pour faire élever le poids L: enfin vous verrez toûjours que le plus grand effort des deux poids L & M, pour faire élever le poids F, sera lorsqu'ils feront équilibre entre eux, soit qu'ils soient égaux, & en égales distances du point E, soit qu'étant inégaux leurs distances du point E soient en même raison réciproque. TAB. II. Fig. 24.

La même chose arrivera, si l'on se sert de deux jets d'eau au lieu de poids: car vous verrez que leur plus grand effort pour faire élever le poids F, sera lorsque choquant la régle LI, au deçà & au delà du point E, ils feront équilibre entre eux. D'où il s'ensuit que, si une ligne horisontale comme AB, supposée inflexible, & chargée à ses extrémitez des 2 poids inégaux A & B, dont le centre commun de pesanteur soit le point E, choque par ce point en tombant la ligne CD; cette ligne re- TAB. III. Fig. 36.

recevra un plus grand effort par ce choc, que si elle avoit été rencontrée par un autre point comme E, prourvû que chaque poids tombe a-
TAB.III. vec la même vitesse; & que si un corps comme G E, est poussé contre
Fig. 37. une boule suspendue, son plus grand effort pour la faire mouvoir sera lorsqu'elle sera rencontrée par le point où passe la ligne N M, qui est dans la direction du centre de pesanteur de ce corps. La même chose
TAB.III. arrivera, si une balance comme A B tournant horisontalement sur le pi-
Fig. 35. vôt C D, a deux surfaces à ses extrémitez comme A & B, posées verticalement: car si ces surfaces sont entre elles en raison réciproque des distances A C, B C; elles feront équilibre étant poussées par un même vent, & l'effort du vent pour renverser C D, sera plus grand, que si l'une ou l'autre de ces surfaces étoit plus éloignée du point C. Nous appellerons le point par lequel un corps rencontrant un autre, fait le plus grand effort, le centre de percussion de ce corps.

PROBLÈME.

PROPOSITION XV.

Etant donnée une ligne, se mouvant circulairement à l'entour d'une de ses extrémitez immobile, trouver le point qui la divise en deux parties d'égale quantité de mouvement.

TAB.III. Soit une ligne A B, décrivant par son mouvement à l'entour du point
Fig. 38. A, le secteur A B C; on demande quel point divisera cette ligne en parties d'égales quantitez de mouvement. Que ce point soit D, qui décrit l'arc D E; & soit divisée A D en deux également au point F, & B D aussi également au point G. Or la vitesse du point D en son mouvement par l'arc D E, & celle de B, par B C, sont mesurées par les lignes A D, A B, comme aussi A F sera la mesure de la vitesse du point F, & A G, de celle du point G; car comme ces lignes sont entre elles, ainsi ces vitesses seront entre elles. Mais G étant le centre de pesanteur de D B, si elle est divisée en ses points à l'infini, toutes les distances du point A, à chacun de ces points, seront ensemble égales à la somme de la distance A G, prise autant de fois; & par conséquent si tous ces points se mouvoient selon la vitesse du point G, leurs quantitez de mouvement seroient égales ensemble à celles qu'ils ont se mouvans selon leurs vitesses particulières par la bande B C E D, & la quantité de mouvement de la ligne D B, comme si elle se mouvoit toute entière selon la vitesse du point G. Le même sera dit de la ligne A D; sçavoir, que sa quantité de mouvement sera de même que si elle se mouvoit toute entière selon la vitesse du point F. Donc, puisque le point D est supposé diviser la ligne A B, en

ſorte que les parties AD, BD, ont une égale quantité de mouvement, lorſque la ligne AB ſe meut circulairement ; la quantité de mouvement de la ligne DB, en ſon mouvement par l'eſpace DBCE, ſera égale à celle de la ligne AD, décrivant le ſecteur ADE. Donc le poids de la ligne DB, ſera au poids de la ligne AD, en ce mouvement, réciproquement comme la viteſſe du point F, à la viteſſe du point G. Mais les poids de ces lignes ſont comme les lignes, & leurs viteſſes moïennes, c'eſt-à-dire, celles de leurs centres de peſanteur, ſont comme les lignes AF, AG. Donc, par la quatrième Propoſition, le rectangle AG, DB, ſera la quantité de mouvement de la ligne DB ; & le rectangle ADF, celle de la ligne AD ; & parce que ces rectangles ſont égaux, DB ſera à AD, comme AF à AG.

Soit maintenant ſur la ligne AB, égale à la ligne donnée, décrit le quarré ABPO, & tirée la diagonale PA, qu'on diviſera en deux parties égales au point q ; & aiant ſuppoſé que cette ſeconde ligne AB ſoit diviſée de même que l'autre aux points F, D, G, & que le point D ſoit le point qu'on cherche, ſoient priſes dans la ligne BP, BE égale à AD, & EM égale à DG ; ſoient encore tirées DL parallele & égale à BP, & EH parallele & égale à PO ſe coupant au point G. Il eſt évident que, ſi on tire MI parallele & égale à PL, le rectangle BI, c'eſt-à-dire AG, BD, ou ADF qui lui eſt égal par les raiſonnemens ci-deſſus, ſera égal au rectangle HL plus le rectangle ML. Donc le gnomon BCO ſera double du rectangle ADF, & égal au quarré DH ; & le quarré BO ſera double du quarré DH ; & par conſéquent AB ſera diviſée en D, en ſorte que ſi AB eſt la diagonale d'un quarré, AD en ſera le côté. D'où il s'enſuit que, ſi dans la première ligne AB on prend AD égale à Aq moitié de AP, D ſera le point qui la diviſe en deux parties d'égale quantité de mouvement, lorſqu'elle ſe meut circulairement à l'entour du point A. Soit appellé ce point qui diviſe une grandeur en deux parties d'égale quantité de mouvement, ſoit que ſes parties ſe meuvent avec des viteſſes égales ou inégales, centre d'agitation.

TAB. III. Fig. 39.

PROBLÈME.

PROPOSITION XVI.

Trouver le centre d'agitation d'une partie d'une ligne, qui ſe meut à l'entour d'un de ſes points extrêmes ; la grandeur de la ligne entière étant donnée & celle de la retranchée.

Soit la ligne AB de 5 pieds, & CB de deux pieds, & l'on veut trouver le centre d'agitation de CB, la ligne AB ſe mouvant à l'entour du point A.

TAB.IV. Fig. 45. Que ce centre ſoit q, & q B ſoit appellée X : ſoit diviſée q B également en R. B R ſera $\frac{1}{2}$ X ; & C B étant 2, & A C, 3, C q ſera 2 — X ; & C S moitié de C q, 1 — $\frac{1}{2}$ X. Or, par ce qui a été dit dans la Propoſition quinzième, comme A R eſt à A S, c'eſt-à-dire comme 5 — $\frac{1}{2}$ X eſt à 4 — $\frac{1}{2}$ X, ainſi réciproquement C q à q B, ou 2 — X, à X. Donc le rectangle de A R par q B, ſçavoir 5 X — $\frac{1}{2}$ X^2, ſera égal à celui de A S par C q, ſçavoir 8 † $\frac{1}{2}$ X^2 — 5 X ; & réduiſant l'équation, 8 † X^2 ſera égal à 10 X, & X ou q B ſera 5 — ℞ 17. Si donc on fait l'angle B A D droit, & A D égale à l'unité, & C T égale à T B, A T ſera 4, & la ligne T D ſera ℞ 17 ; & ſi l'on fait A q égale à D T, B q ſera 5 — ℞ 17, & q ſera le point requis.

Ceux qui ne ſçavent pas l'Algébre, pourront trouver à peu près en faiſant pluſieurs poſitions, la grandeur q B, quelles que ſoient les grandeurs données A B & C B. Comme en cet exemple, on trouvera par le calcul, que $\frac{7}{8}$ eſt un nombre moindre que q B, & $\frac{8}{9}$ un plus grand ; car au premier cas B R ſera $\frac{7}{16}$, A R 4 $\frac{9}{16}$, A S 3 $\frac{9}{16}$, & C q $\frac{9}{8}$; le produit de 4 $\frac{9}{16}$ par $\frac{7}{8}$ eſt $\frac{511}{128}$, & le produit de 3 $\frac{9}{16}$ par $\frac{9}{8}$ eſt $\frac{513}{128}$; ce qui fait voir que q B eſt plus grande que $\frac{7}{8}$. On verra par un ſemblable calcul que q B eſt moindre que $\frac{8}{9}$, & par conſéquent qu'elle eſt à fort peu près égale à $\frac{7}{8}$ & $\frac{1}{144}$.

On trouvera auſſi par de ſemblables raiſonnemens, le centre d'agitation d'un triangle iſoſcéle, comme A B C, tournant de plat à l'entour du point A, oppoſé à la baſe B C. Car, ſi A D eſt perpendiculaire à B C, & qu'on la diviſe au point E, en ſorte que le cube de A D ſoit double du cube de A E, le point E ſera ce centre ; ce qu'on prouvera, ſi l'on décrit la pyramide B q C R A, dont la baſe ſoit B q C R, quarré de B C, & que F E G étant parallele à B C, ſon quarré F G S T ſoit la baſe de la petite pyramide F G S T A, ſemblable à la grande, & ſemblablement poſée : car les quantitez de mouvement des lignes infinies en nombre, paralleles à B C, qui ſont priſes pour le triangle A B C, feront entre elles comme les quarrez de ces lignes, dans leur mouvement par lequel elles décrivent des ſurfaces cylindriques : mais tous ces quarrez à l'infini compoſent la pyramide B q C R A, & cette pyramide eſt double de la petite, comme le cube de A D eſt double du cube de A E ; & par conſéquent la quantité de mouvement du triangle A F G, ſera égale à celle du trapèze B F G C, & la ligne F G diviſera le triangle A B C en deux parties, dont les quantitez de mouvement ſeront égales, & le point F ſera le centre d'agitation de ce triangle.

TAB.IV. Fig. 40.

PRO-

PROBLÈME.

PROPOSITION XVII.

Trouver le centre de percuſſion d'un pendule compoſé.

Soit le pendule A B ſuſpendu au point A, & chargé de deux poids égaux B & C, aiant décrit par ſon mouvement le ſecteur A B F, & rencontrant par ſon point D, l'arrêt G, en ſorte qu'il ſe faſſe équilibre à l'inſtant du choc, & que toute la force des deux poids agiſſe ſur l'arrêt G; on demande le point D. Soit fait comme A C à A B, ainſi B D à C D: je dis que D ſera le centre de percuſſion. Car, par la Propoſition treizième de la ſeconde Partie, les quantitez de mouvement des poids B & C, feront le même équilibre, que ſi ces poids immobiles étoient l'un à l'autre comme la viteſſe du point B à celle du point C. Or en ce cas le point D ſeroit le centre de peſanteur de ces deux poids, & ils feroient équilibre en ces diſtances du point D. Donc auſſi les poids égaux B & C, aiant leurs quantitez de mouvement en même raiſon, feront équilibre rencontrant l'arrêt G au point D, par la treizième Propoſition de la ſeconde Partie; & par la 14ᵉ, D ſera le centre de percuſſion; ce qui étoit à prouver. TAB. IV. Fig. 41.

Que ſi le même pendule eſt encore chargé d'autres poids égaux ou inégaux au-deſſous du point A, on trouvera toûjours le centre de percuſſion, en conſidérant les quantitez de mouvement de ces poids, comme ſi c'étoient des poids abſolus qui fuſſent l'un à l'autre en même raiſon que ces quantitez de mouvement; car le point qui ſeroit leur centre de peſanteur, ſera le centre de percuſſion de ces poids, c'eſt-à-dire le point par lequel rencontrant un arrêt, il ſe fera équilibre entre leurs quantitez de mouvement au moment du choc.

On trouvera auſſi le centre de percuſſion d'une ligne comme A C, ſe mouvant à l'entour d'un de ſes points extrêmes comme A, & décrivant un ſecteur de cercle A C B, ſi l'on diviſe A C en ſorte que A K ſoit double de K C; & on le prouvera, en faiſant voir, que les quantitez de mouvement des points infinis qui ſeront pris en la ligne A C, ſeront entre elles, comme les arcs C B, D G, &c. ou comme les lignes O C q, R D S, L y M, &c. Car, toutes ces lignes infinies étant priſes enſemble pour le triangle iſoſcéle A O q, diviſé également par la ligne A C; le point K, qui eſt le centre de peſanteur de ce triangle, ſera auſſi le centre de percuſſion de la ligne A C, par la quatorzième Propoſition de la ſeconde Partie. TAB. IV. Fig. 42.

On prouvera en la même ſorte, que, ſi le triangle A O q ſe meut à l'entour du point A, de manière que la ligne O q décrive une ſurface cy-

cylindrique, le centre de percuſſion de ce triangle ſera Z, ſi AZ eſt les trois quarts de la ligne AC.

TAB.IV. Fig. 46. Que ſi l'on veut ſçavoir le centre de percuſſion d'une ligne comme CB faiſant partie de la ligne AB, lorſque toute la ligne ſe meut à l'entour du point A; il faut trouver PA, troiſième proportionnelle aux lignes BA, CA, & C q étant le tiers de CA, & BR le tiers de BA, ſoit fait que comme BP eſt à PA, ainſi q R ſoit à une quatrième ligne RO; ce point O ſera le point requis: car, ſi ADE eſt un triangle iſoſcéle, DB égale à BE, & MCN parallele à DBE, le point O ſera le centre de peſanteur du trapèze DMNE. Et par les mêmes raiſons que le centre de peſanteur de tout le triangle ADE eſt le centre de percuſſion de la ligne entière AB, on prouvera que le point O, centre de peſanteur du trapèze DMNE, ſera le centre de percuſſion de la ligne CB, partie de la ligne AB, lorſqu'elle ſe meut à l'entour du point A. D'où l'on connoîtra à peu près par quel endroit d'un bâton ou d'une épée, on doit frapper quelque choſe pour donner le plus grand coup: car l'extrémité immobile du bras ſera comme le point A; le bras entier, comme la ligne AC; & le bâton ou l'épée, comme la ligne CB.

PROBLÈME.

PROPOSITION XVIII.

Trouver le centre de vibration d'un pendule compoſé; c'eſt-à-dire, la grandeur d'un pendule ſimple, dont les battemens ſe faſſent en même tems que ceux du compoſé.

TAB.IV. Fig. 41. Soit AB le pendule donné ſuſpendu au point A, & chargé des deux poids égaux C & B, au-deſſous du point A: on demande le point D, tel qu'un pendule ſimple de la grandeur AD, chargé d'un ſeul poids au point D, faſſe ſes battemens en même tems. Soit trouvé par la précédente le centre de percuſſion du pendule compoſé, & ſoit icelui D: je dis qu'il ſera auſſi le centre de vibration. Car le pendule compoſé, rencontrant un arrêt au point D, le choquera de toute la quantité de mouvement des deux poids C & B, par la Propoſition dix-ſeptième de la ſeconde Partie, & de même que ſi un ſeul poids étant au point E, & décrivant l'arc ED, avoit la même quantité de mouvement que les deux poids; c'eſt-à-dire, que ſi le pendule ſimple FH, égal en longueur à AD, eſt chargé en H de ce ſeul poids, il choquera auſſi fort au point I un arrêt, que le pendule AB au point D, ſi les arcs décrits HI, ED, ſont égaux. Il eſt donc néceſſaire que le point E, étant arrivé en D, aille auſſi vîte que le point H, étant arrivé en I: autrement

ment le choc seroit moindre ou plus grand que celui des deux poids étant en C & B; ce qui ne peut être. Donc le point D sera allé de même vitesse dans le mouvement du pendule AB, que le point H, dans celui du pendule simple FH, & par conséquent les tems de leurs battemens seront égaux; ce qui étoit à prouver, & qui est conforme aux expériences.

CONSÉQUENCE.

Il s'ensuit que la longueur d'un pendule simple, qui fait ses battemens en même tems qu'un fil de fer en cylindre, suspendu par une de ses extrémitez, sera égale aux deux tiers de la longueur de ce fil de fer, qu'on prend ici pour une ligne droite pesante: car, par la Proposition précédente, la distance du centre de percussion sera aux deux tiers de ce fer.

Il s'ensuit aussi que le centre de vibration du triangle AO *q* de la figure 42e. sera aux trois quarts de la ligne AC, quand il se meut de plat à l'entour du point A; puisqu'aussi en ce cas les centres de percussion & de vibration sont au même point.

PROPOSITION XIX.

Les centres de vibration, agitation, & percussion, sont un même point dans un triangle qui se meut sur sa base.

BCD est un triangle, se mouvant à l'entour de sa base immobile BC; TAB. IV. BA est égale à AC; la ligne DA est divisée en plusieurs parties égales Fig. 43. aux points E, F, G, &c; AH est égale à HD; KEN est parallele à BC, & aux autres lignes tirées dans le triangle, lesquelles nous nommerons F, G, H, &c. Je dis premièrement que dans ce mouvement à l'entour de BC, le point H est le centre d'agitation. Car la ligne M, ou sa pesanteur, est à la ligne KN, ou sa pesanteur, comme DM, c'est-à-dire, la distance AE est à DE, c'est-à-dire, la distance AM. Donc la quantité de mouvement de la ligne M sera égale à celle de KN, puisque leurs pesanteurs & leurs distances du point A sont réciproques, & que leurs vitesses sont comme leurs distances. Le même sera dit des lignes F, L, &c. & de toutes celles qui seront tirées à l'infini en distances égales, d'un côté & d'autre de la ligne RHO. Donc la quantité de mouvement de tout le triangle RDO sera égale à celle de tout le trapèze BCOR; & par conséquent le point H sera le centre d'agitation du triangle entier BCD. Or si ce triangle, tournant sur sa base, rencontre l'obstacle ou arrêt *q* RHOP, tout son mouvement sera arrêté dans l'instant du choc, qui est la fin du mouvement circulaire; puisqu'en cet instant, il y aura des égales quantitez de mouvement de part & d'autre de l'arrêt & en distances égales.

 Donc,

Donc, par la Propoſition quatorzième de la ſeconde Partie, le point H ſera le centre de percuſſion de ce triangle. Il ſera auſſi ſon centre de vibration, par la précédente; ce qu'il faloit prouver.

PROBLÈME.

PROPOSITION XX.

Trouver le centre de percuſſion d'un pendule compoſé de deux poids, lorſqu'ils ſont de part & d'autre du point de ſuſpenſion.

TAB.IV. Fig. 47. Soit ABCDK une ligne inflexible, où ſoient atachés les deux poids A & C tels qu'on voudra, compoſant le pendule AC, dont le point de ſuſpenſion ſoit B, pris où l'on voudra, pourvû que le poids C emporte le poids A: on demande le centre de percuſſion de ce pendule.

Soient décrits du centre B, les arcs ſemblables AL, CI. Or ſi l'on ſuppoſe que le poids C ſoit venu de I en C, le poids A aura décrit en même tems l'arc LA; & leurs viteſſes acquiſes aux points A & C ſeront entre elles comme BC à BA. Soit la quantité du mouvement du poids C, s'étant mû par l'arc IC, à la quantité du mouvement du poids A, s'étant mû par l'arc LA, comme FE à GE; & comme leur différence FG eſt à la moindre GE, ainſi ſoit la diſtance AC à CD: je dis que D eſt le centre de percuſſion, & que s'il y a un arrêt H au point D, il arrêtera tout le mouvement des deux poids A & C, ſi le point D s'y atache. Car, en renverſant, EG ſera à GF comme DC à CA; &, en compoſant, EF ſera à EG, comme DA à DC. Donc, par la treizième Propoſition de la ſeconde Partie, les deux poids feront équilibre & s'arrêteront l'un l'autre au moment de la rencontre de l'arrêt H; puiſque DA étant comme un bras d'une balance, les diſtances DC, DA, ſeront réciproquement en même raiſon que les quantitez de mouvement de ces poids, c'eſt-à-dire, comme GE à FE; ou, ce qui eſt la même choſe, puiſque le produit ſolide du poids A & des deux grandeurs AB, AD, eſt égal au produit ſolide du poids C & des deux grandeurs BC, CD: & parce que cet arrêt fait perdre tout le mouvement des 2 poids, il s'enſuit qu'il en reçoit tout l'effort.

Que s'il y a pluſieurs poids tels qu'on voudra au-deſſus du point B, comme N & A, & pluſieurs au-deſſous, comme M & C, en telles diſtances qu'on voudra; on trouvera le centre de percuſſion de ce pendule compoſé en cette ſorte. Il faut trouver, par la Propoſition dix-ſeptième, le centre de percuſſion des poids du deſſus, & celui des poids du deſſous, de même que ſi BA & BC étoient des pendules ſéparés: & ſuppoſé que le point q ſoit le centre de percuſſion du pendule

dule BA, composé des deux poids N & A, & P celui du pendule BC, composé des poids M & C; on ôtera la somme des quantitez de mouvement des deux poids du dessus, de la somme de celles des poids du dessous, & on fera que comme la différence de ces sommes est à la moindre, ainsi la distance de ces deux centres, sçavoir la ligne qP, soit à PD; & le point D sera le centre de percussion de ce pendule composé de 4 poids, se mouvant à l'entour du point B, & on le prouvera par la Proposition treizième de la seconde Partie, en montrant qu'il y aura même raison de la distance DP à la distance Dq, que de la somme des quantitez de mouvement des poids N & A, qui font leur effort au point q, à la somme de celles des poids M & C, qui font leur effort au point P.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Soit RST un pendule inflexible de cinq pieds, aiant son centre de mouvement au point S, dans la ligne ponctuée ZSX, qui représente un fil étendu fortement & ataché au point S pour soûtenir le pendule. Soit la distance SR de trois pieds, le poids R de deux onces, & le poids T de quatre onces Or la quantité de mouvement du poids R sera six, & celle du poids T sera huit, par la quatrième Proposition de la première Partie; leur différence est deux; cette différence deux est à six, moindre quantité de mouvement, comme cinq, longueur du pendule RT, est à quinze; d'où l'on connoîtra que si TV est de quinze pieds, RTV étant une ligne inflexible, le point V sera le centre de percussion de ce pendule RST, prolongé en V, chargé des deux poids R & T selon l'hypothèse. TAB. IV*. Fig. 51.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il suit de la première Partie de cette Proposition, & de la première Partie de la dix-septième, que dans les pendules composés de deux poids, les centres de percussion & de suspension sont réciproques: c'est-à-dire, que si le pendule AD, chargé des deux poids A & C, étant suspendu au point B, a pour son centre de percussion le point D; le même pendule étant suspendu au point D, aura le point B pour son centre de percussion. Car, puisque la quantité de mouvement du poids C dans ce pendule se mouvant à l'entour du point B est le produit de la distance BC par le poids C, le produit de cette quantité de mouvement par la distance DC sera le produit solide de la distance BC, du poids C, & de la distance DC; &, par la même raison, le produit de la même quantité de mouvement du poids A, par la distance DA, sera le produit solide de la distance BA, du poids A, & de la distance DA. Or ces produits solides sont égaux entre eux par la treizième TAB. IV. Fig. 47.

zième Propoſition de la ſeconde Partie, puiſque D eſt le centre de percuſſion, par la vingtième. Mais, ſi on renverſe le même pendule, & que D ſoit le centre de ſuſpenſion, alors le point B ſera le centre de percuſſion: car le produit ſolide AB par la quantité de mouvement du poids A (laquelle quantité de mouvement eſt le produit de DA par le poids A) ſera égal au produit ſolide de BC par la quantité de mouvement du poids C, laquelle eſt le produit de DC par le poids C; & cette égalité de ſolides eſt évidente, puiſque ces deux derniers ſont les mêmes que les deux ci-deſſus, étant formés par les mêmes grandeurs. Donc, par la Propoſition dix-ſeptième, B ſera le centre de percuſſion de ce pendule, ſe mouvant à l'entour du point D, & par conſéquent les points de ſuſpenſion & de percuſſion de ce pendule ſont réciproques.

SECONDE CONSÉQUENCE.

TAB. IV*. Fig. 52. Il ſuit de la ſeconde Partie de cette Propoſition, que, ſi une ligne droite comme $\alpha\,\gamma\,\beta$ eſt diviſée au point γ, en ſorte que $\beta\,\gamma$ ſoit double de $\gamma\,\alpha$, & qu'on la conſidére comme un pendule, dont le centre de mouvement ſoit au point γ, ſon centre de percuſſion ſera au point β. Car, ſoit diviſée $\alpha\,\gamma$ au point ε, & $\beta\,\gamma$ au point δ, en même raiſon que la ligne $\alpha\,\beta$ l'eſt au point γ; ε ſera le centre de percuſſion de la ligne $\gamma\,\alpha$, conſidérée comme un pendule ſéparé, ſe mouvant à l'entour du point γ; & δ, celui de $\gamma\,\beta$, ſe mouvant à l'entour du même point γ, par la Conſéquence de la dix-huitième Propoſition: & parce que $\beta\,\gamma$ eſt double de $\gamma\,\alpha$, $\delta\,\gamma$ ſera double de $\gamma\,\varepsilon$; & étant auſſi double de $\delta\,\beta$, $\gamma\,\varepsilon$ & $\delta\,\beta$ ſeront égales, & $\delta\,\varepsilon$ ſera triple de $\delta\,\beta$. Mais, $\gamma\,\beta$ étant diviſée en deux parties égales au point θ, & $\gamma\,\alpha$ au point λ, la quantité de mouvement des points infinis de la ligne $\alpha\,\gamma$, conſidérée comme peſante, ſe mouvant à l'entour du point γ, ſera la même que ſi tout leur poids étoit au point λ; & la quantité de mouvement des points infinis de la ligne $\gamma\,\beta$ ſera auſſi la même que ſi tout leur poids étoit au point θ, par ce qui a été dit dans la quinzième Propoſition. Mais le poids abſolu de la ligne $\gamma\,\beta$ eſt double du poids abſolu de la ligne $\gamma\,\alpha$, & la diſtance $\gamma\,\theta$ eſt double de la diſtance $\gamma\,\lambda$. Donc la quantité de mouvement de la ligne $\gamma\,\beta$ ſera quadruple de celle de la ligne $\gamma\,\alpha$, lorſque la ligne entière $\alpha\,\beta$ ſe meut à l'entour du point γ. Or, comme la différence des quantitez de mouvement des lignes $\alpha\,\gamma$, $\gamma\,\beta$, ſçavoir 3, eſt à l'unité qui eſt la moindre des deux, ainſi $\varepsilon\,\delta$, diſtance des deux centres de percuſſion, eſt à $\delta\,\beta$, puiſque $\varepsilon\,\delta$ eſt triple de $\delta\,\beta$, Donc, par ce qui a été dit en la deuxième partie de cette Propoſition, β ſera le centre de percuſſion du pendule $\alpha\,\gamma\,\beta$, ſe mouvant à l'entour du point γ; & d'autant que par la troiſième partie de la Propoſition dix-ſeptième de la ſeconde Partie, le centre de percuſſion d'une ligne comme $\alpha\,\gamma\,\beta$, ſuſpendue au point β, eſt

aux

aux deux tiers de cette ligne, ſçavoir au point γ; il s'enſuit que les points ou centres de percuſſion & de ſuſpenſion d'un fil de fer étendu en ligne droite ſont réciproques.

On pourra ſe ſervir de ces dernières Propoſitions pour trouver facilement les centres de vibration des pendules chargés de pluſieurs poids; c'eſt-à-dire, pour trouver les points où ſe terminent les longeurs des pendules ſimples qui font leurs battemens en même tems que les pendules compoſés. Car, puiſque ces centres de vibration ſont les mêmes que ceux de percuſſion, comme il a été prouvé dans la Propoſition 18e. de la 2e. Partie, & comme on le reconnoît par toutes ſortes d'expériences; on peut emploïer les mêmes régles pour les trouver. Ainſi on trouvera que SV dans la 51e. figure [Tab. IV *] ſera la longueur du pendule ſimple qui fera ſes battemens ou vibrations en même tems que le pendule compoſé RST, qui a le point S pour ſon centre de mouvement; & on en fera l'expérience en cette ſorte.

Aïez un fil de fer de deux pieds & demi de longeur & d'environ une ligne d'épaiſſeur qu'on prendra pour la ligne RST; atachez-y deux balles de plomb aux points R & T, dont la première pèſe deux onces, & l'autre quatre; prenez la diſtance TS d'un pied, RS ſera d'un pied & demi: liez deux filets au point S, & en tenez les extrémitez avec les deux mains de part & d'autre, & les bandez fermement, en ſorte que les deux faſſent à peu près une ligne droite horiſontale, lorſque ce pendule fera ſes vibrations; & parce que la longeur SV doit être de huit pieds & demi, (pour la facilité de l'expérience, on prend ici toutes les meſures moindres de moitié que dans l'exemple en nombres ci-deſſus) il faudra avoir un pendule ſimple de huit pieds & demi, c'eſt-à-dire, un fil très-délié, aiant une petite balle de plomb à ſon extrémité, dont le centre ſoit diſtant de huit pieds & demi du point de ſuſpenſion; & vous verrez qu'en le faiſant mouvoir en même tems que l'autre, ils s'accorderont en leurs battemens à fort peu près, n'étant pas poſſible qu'ils s'accordent dans la dernière préciſion, à cauſe de la peſanteur du fil de fer, de laquelle on fait abſtraction, & que le centre de percuſſion de chaque balle conſidérée ſeule n'eſt pas au même point que ſon centre de peſanteur, mais en un autre point un peu plus éloigné du point de ſuſpenſion.

Lorſque les poids ſont tous au-deſſous du point de ſuſpenſion, on trouvera par le calcul le centre de vibration, qu'on ſuppoſe être le même que celui de percuſſion en la manière ſuivante.

DCMNA en la figure quarante-ſept eſt un pendule qu'on ſuppoſe ici être renverſé & ſuſpendu par le point D, & chargé des poids C, M, N, A, dont le ſecond M pèſe quatre onces, & les trois autres chacun deux onces; la longueur DC eſt ſuppoſée de deux pieds, DM de cinq pieds, DN de neuf pieds, & DA d'onze pieds; la quantité de mouvement du poids C ſera quatre, & celle du poids M vingt, par la TAB. IV. Fig. 47.

 qua-

quatrième Proposition, leur somme sera vingt-quatre; or vingt-quatre est à quatre, qui est la moindre, comme C M ou 3 est à $\frac{1}{2}$. Donc le point P sera le centre de vibration du pendule D C M, considéré seul, si M P est d'un demi pied; car M P sera à P C réciproquement comme quatre à vingt. Par un semblable calcul, la quantité de mouvement du poids N sera dix-huit, & celle du poids A vingt-deux; leur somme sera quarante; quarante est à dix-huit comme N A ou 2 est à $\frac{36}{40}$, ou $\frac{9}{10}$. Donc le point Q sera le centre de vibration du pendule D A considéré comme chargé des seuls poids N & A, si A Q est de $\frac{9}{10}$ de pied; car A Q sera à Q N, réciproquement comme dix-huit à vingt-deux: la distance P Q sera par conséquent cinq pieds $\frac{3}{5}$. Or, la somme des quantitez de mouvement ci-dessus vingt-quatre & quarante, est soixante-quatre; 64 est à la moindre 24, comme la distance entière P Q ou $\frac{28}{5}$ est à $2\frac{1}{10}$; ce qui fait voir que Q B étant de deux pieds & $\frac{1}{10}$, le point B sera le centre de vibration du pendule D A, chargé des quatre poids C, M, N, A, puisque Q B ou $\frac{21}{10}$ est à B P ou $\frac{35}{20}$ comme 24 à quarante. Or Q N est $\frac{11}{10}$ & Q B $\frac{21}{10}$. Donc N B sera $\frac{10}{10}$ ou l'unité, & D N étant de neuf pieds par supposition, D B sera de 8 pieds; d'où il s'ensuit qu'un pendule simple de huit pieds fera ses battemens en même tems que le pendule D A suspendu au point D, & chargé des quatre poids C, M, N, A, & on le connoîtra par l'expérience. L'expérience fera voir aussi, que si on suspend ce même pendule par le point B, il s'accordera encore en ses battemens avec le même pendule simple de huit pieds; & que si on a un fil de fer comme $\alpha\beta$ de six pieds, & un pendule simple de quatre pieds, ce pendule fera ses battemens en même tems que le fil de fer, soit qu'on le suspende par l'extrémité α, ou par le point γ, la distance $\alpha\ \gamma$ étant de deux pieds.

TAB. IV* Fig. 52.

PRINCIPE OU AXIOME.

PROPOSITION XXI.

Les corps de même matière égaux & semblables, & semblablement posés, tombent par un même milieu fluide avec des vitesses égales entre elles, tant au commencement de leur chûte, que dans la continuation.

QUA-

QUATRIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XXII.

Les corps de même matière égaux & semblables, & semblablement posés, tombent avec des vitesses inégales à travers des corps fluides de différentes condensations.

L'expérience en est aisée, si on laisse tomber en même tems deux balles de plomb égales, l'une dans l'air, & l'autre dans de l'eau, d'une profondeur considérable, sa chûte commençant depuis la surface supérieure de l'eau; car on verra que dans le même tems que cette dernière emploïera pour aller jusques au fond de l'eau, l'autre aura passé un espace sensiblement plus grand dans l'air. On peut encore en faire l'expérience en la manière suivante.

Aïez deux cylindres creux de verre, AB, CD, de quinze ou vingt pouces de hauteur & de 8 ou 10 lignes de largeur, fermés à l'un des bouts: mettez une plume de duvet de cinq ou six lignes de largeur en chacun de ces cylindres: tirez ensuite la plus grande partie de l'air du cylindre CD, par le moïen d'une machine qu'on appelle machine à faire le vuide, en sorte que celui qui y demeurera, soit environ 1000 fois plus raréfié que l'air ordinaire: & après l'avoir fait seeller hermétiquement (le cylindre AB étant aussi fermé exactement par les deux bouts) vous verrez que, si vous renversez tout-à-coup ces cylindres, en sorte que le dessous, où seront les petites plumes, devienne le dessus, la petite plume qui sera dans le cylindre AB, emploïera environ trois fois autant de tems à aller au fond, que celle qui sera dans le cylindre CD. Donc les corps de même matière &c. ce qu'il faloit prouver par expérience. TAB. IV* Fig. 53.

PROPOSITION XXIII.

Les corps plus pesans que l'air, étant lâchés dans l'air, accélérent leurs vitesses en tombant jusques à ce qu'ils aillent aussi vîte que le vent qui peut les soûtenir, soufflant perpendiculairement de bas en haut.

La résistance de l'air est égale, soit qu'il se meuve contre un corps, soit que le corps se meuve contre lui. Donc, si la vitesse de l'air s'élevant de bas en haut, peut faire équilibre avec le premier effort que fait un corps pesant pour descendre avec sa première petite vitesse, & qu'il soit soûtenu sans tomber; lorsque, dans un air sans mouvement, ce corps aura acquis la même vitesse de l'air qui le soûtenoit, il y aura encore é-

quilibre entre la réſiſtance que l'air fera au mouvement de ce corps, & le même premier effort ou vertu de tomber qui demeure toûjours dans ce corps; & par conſéquent ce premier effort, qui ajoûtant ſans ceſſe la première petite viteſſe qu'il doit produire, à la viteſſe acquiſe, cauſe l'accélération, ne l'y ajoûtera plus; & par cette raiſon le corps continuera à deſcendre uniformément avec la viteſſe qu'il aura acquiſe depuis le haut de ſa chûte juſques à cet endroit d'équilibre. On appellera cette viteſſe acquiſe avec laquelle le corps continue à deſcendre uniformément ſans plus accélérer ſon mouvement, ſa viteſſe totale, ou ſa viteſſe complette.

PROPOSITION XXIV.

Les corps égaux & ſemblables, & ſemblablement poſés, qui tombent à travers des fluides de différentes condenſations, ne prennent pas des viteſſes complettes, égales entre elles; mais elles ſont moindres dans les fluides plus denſes.

D'autant que les corps fluides de différentes peſanteurs qui ſont mûs avec des viteſſes égales, ſoûtiennent des poids inégaux, par la deuxième Conſéquence de la Propoſition 9ᵉ. de la ſeconde Partie; il s'enſuit qu'un fluide peſant comme l'eau, allant de bas en haut, emploïera pour ſoûtenir un même corps, une viteſſe beaucoup moindre que celle avec laquelle l'air le peut ſoûtenir. Donc, par la Propoſition précédente, ce même corps, en deſcendant par l'air, prendra une viteſſe complette beaucoup plus grande qu'en deſcendant à travers quelque eau immobile.

PROPOSITION XXV.

Les corps égaux en volume, ſemblables & ſemblablement poſés, & de peſanteurs inégales, acquièrent en tombant à travers l'air des viteſſes complettes qui ſont l'une à l'autre ſelon la raiſon ſous-doublée de leurs poids.

D'autant que les jets d'air de même largeur & de différentes viteſſes ſoûtiennent des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée des viteſſes différentes, s'ils les choquent de même manière, par la première Conſéquence de la Propoſition 9ᵉ. de la ſeconde Partie; en renverſant, ces viteſſes ſeront l'une à l'autre en raiſon ſous-doublée des poids: & parce que les viteſſes complettes des corps peſans ſont entre elles comme les viteſſes de l'air qui peut les ſoûtenir, par la Propoſition vingt-troiſième de la ſeconde Partie; il s'enſuit que les corps inégaux en peſanteur & égaux en groſſeur, ſemblables & ſemblablement poſés, auront leurs viteſſes complettes en la raiſon ſous-doublée de leurs peſanteurs inégales; ce qu'il faloit prouver.

PROPOSITION XXVI.

Les viteſſes complettes des corps de différentes grandeurs & de ſemblable matière, ſont entre elles en raiſon ſous-doublée des peſanteurs de ces corps,

corps, si les surfaces par lesquelles ces corps choquent l'air directement, sont égales.

Soient A & B deux cylindres de plomb, aiant leurs bases égales & paralleles à l'horison, & leurs hauteurs inégales; je dis qu'ils acquerront en descendant des vitesses complettes, qui seront l'une à l'autre en raison sous-doublée de leurs hauteurs, qui est la même que celle de leurs poids. Car les jets d'air aussi bien que ceux d'eau, inégaux en vitesse & d'égale largeur, soûtiennent des poids qui sont l'un à l'autre en raison doublée de leurs vitesses différentes, par la première Conséquence de la Proposition neuvième de la seconde Partie. Donc ces cylindres aiant leurs bases égales seroient rencontrés par des jets d'air égaux qui s'éléveroient directement, & par conséquent ils rencontreront autant d'air l'un que l'autre en descendant: & aiant acquis leurs vitesses complettes, qui sont les mêmes que celles de l'air qui pouvoit les soûtenir, & selon lesquelles ils continuent leurs descentes uniformément; ces vitesses seront l'une à l'autre en raison sous-doublée des pesanteurs de ces cylindres, c'est-à-dire, que si le cylindre A a son axe quadruple de celui du cylindre B, de même matière & de même diamétre de base, la vitesse complette du premier sera double de celle de l'autre. TAB. IV. Fig. 54.

CONSÉQUENCE.

Il s'ensuit que, si on fait tomber de plat un quart de feuille de papier en mettant un petit poids au milieu, & qu'on en fasse tomber quatre quarts de même grandeur & figure que le premier, posés l'un sur l'autre, & chargés aussi d'un poids au milieu tel que les quatre quarts de feuille, avec leur poids au milieu, pèsent quatre fois autant que le quart de feuille seul avec son petit poids au milieu; la vitesse complette des quatre feuilles sera double de celle de la feuille seule; & que s'il y a neuf quarts de feuilles l'un sur l'autre, qui pèsent neuf fois autant avec leur petit poids au milieu, que la feuille seule, leur vitesse complette sera trois fois plus grande: comme aussi, si on suspend une feuille de papier à un long fil fort délié, ataché par ses deux bouts à un plancher à des cloux distans l'un de l'autre de quatre ou cinq pieds, en sorte qu'on puisse poser la feuille par son pli sur le plus bas du fil recourbé, & qu'en la faisant mouvoir en pendule elle rencontre l'air de plat, & qu'ensuite au lieu d'une feuille on y en mette quatre ou neuf; les quatre feuilles parcourront en remontant de leur point de repos, un arc de cercle qui sera double de celui qu'aura parcouru la feuille seule, & les neuf feuilles parcourront un arc qui en sera triple. On suppose que les poids des pendules passent en remontant des arcs proportionnels aux vitesses acquises par leur chûte, comme il a été expliqué dans la première Proposition de la première Partie; & que le fil du pendule soit assez long pour faire que les neuf feuilles élevées à un

un arc de soixante ou quatre-vingt degrez, puissent acquérir leur vitesse complette avant que d'arriver à leur point de repos.

PROPOSITION XXVII.

Les corps inégaux en pesanteur qui rencontrent des résistances de l'air selon la proportion de leurs poids, descendent également vîte & acquièrent des vitesses complettes égales.

TAB. VI* Fig. 55. Soit le cylindre A, de bois ou de plomb, deux fois plus petit que le cylindre BC de même matière, aiant leurs bases égales: je dis qu'ils descendront également vîte, & que leurs vitesses complettes seront égales si leurs axes sont paralleles à l'horison. Car il est évident que le grand rencontrera deux fois plus d'air, & par conséquent les résistances que l'air fait à ces cylindres, sont en même raison que les poids. Or si on divise le cylindre BC en deux parties égales, par le plan D parallele aux bases, & qu'on les sépare, chacune d'elles étant semblable & semblablement posée & égale au cylindre A, elle descendra de même, par la vingt-unième Proposition de cette seconde Partie. Donc étant contigues elles tomberont encore de même, parce que l'air qui glisse le long des bases, ne retarde point leur descente; puisqu'étant supposées très-unies & polies, l'air ne s'y atache point, & qu'elles ne sont aucunement exposées à son choc, en tombant perpendiculairement.

TAB. IV* Fig. 56. La même chose arrivera, par les mêmes raisons, aux parallelépipédes inégaux en longueur de même matière, *a* & *b*, si leurs bases inégales *dc* & *ef* sont horisontales. On peut encore démontrer cette Proposition en la manière suivante.

Les jets d'air qui sortent de différentes ouvertures & qui ont des vitesses égales, soûtiennent des poids qui sont l'un à l'autre en la raison des surfaces de ces ouvertures, par la seconde Conséquence de la Proposition neuvième de la seconde Partie. Mais les jets d'air qui choquent les bases inégales *dc* & *ef* des solides inégaux *a* & *b*, ont les mêmes largeurs que ces bases, & les poids de ces solides sont entre eux comme ces bases. Donc ces solides seront soûtenus par un même vent soufflant de bas en haut, & par la Proposition vingt-troisième, ils acquerront des vitesses complettes égales, & auront toûjours les mêmes vitesses en leurs descentes; ce qu'il faloit prouver.

On en fera l'expérience en la manière suivante. Faites deux ronds de carton, dont le plus grand ait son diamétre double de celui de l'autre, chargés vers leurs centres de petites plaques de plomb peu larges à proportion des cartons; & faites que, si le grand rond avec sa plaque pèse une once, le petit avec sa plaque ne pèse que ¼ d'once: laissez-les tomber de 60 ou 80 pieds de hauteur en même tems; vous verrez qu'ils descendront avec une même vitesse à fort peu près. D'où il s'ensuit, que les cylindres de même matière & hauteur, aiant leurs bases horisontales,

les, descendent avec même vitesse, quelles que soient leurs bases.

PROPOSITION XXVIII.

LEs cubes de même matière & de grandeurs inégales ont leurs vitesses complettes en raison sous-doublée de leurs côtez ; & les boules inégales de même matière, en raison sous-doublée de leurs diamétres.

Soient deux cubes A & B, dont les côtez soient, l'un d'un pouce, & l'autre de quatre pouces : il est manifeste que, si vers la base du plus grand on prend la même hauteur du cube A, il y aura seize petits cubes d'un pouce de hauteur, chacun desquels sera égal au petit cube A; & par la précédente, si le cube A & le solide BC, dont la base est supposée égale à celle du cube B, & la hauteur d'un pouce, tombent de plat, c'est-à-dire, si leurs bases sont paralleles à l'horison en tombant, ils descendront également vîte. Mais pour rendre ce solide égal & semblable au grand cube B, il faudra mettre encore trois rangs chacun de seize petits cubes d'un pouce, comme ceux de la figure *cb*; & ce dernier cube, qui sera de 64 pouces cubes, pesera 4 fois autant que le parallelépipéde *bc*, composé de seize cubes d'un pouce. Donc, par la vingt-sixième Proposition de la seconde Partie, sa vitesse complette sera double de celle du parallelépipéde *bc*, c'est-à-dire, du petit cube A, dont le côté n'est que le quart du côté du grand cube. TAB. IV * Fig. 57. TAB. IV * Fig. 57.

Soit maintenant une boule D, dont le diamétre soit quatre fois plus grand que celui de la boule E. Le grand cercle de l'un sera 16 fois plus grand que celui de l'autre ; & par conséquent, la résistance de l'air sera seize fois plus grande à son égard : mais la grande boule pesera 64 fois davantage. Donc, si on suppose que la grande soit divisée en seize parties égales, posées de manière que chacune d'elles trouve une résistance égale à celle que trouve la petite boule en traversant l'air, chacune de ces parties pesera quatre fois autant que la petite boule. Donc, par la vingt-sixième Proposition, la vitesse complette de chacune sera double de celle de la petite boule : mais la résistance de l'air à la grande boule sera aussi seize fois plus grande qu'elle n'est à la petite ; & parce qu'elle est égale en pesanteur aux seize divisions ensemble, soit qu'elles soient contigues ou séparées, elle descendra aussi vîte, & sa vitesse complette sera la même, par la Proposition précédente. Donc elle aura même raison à la vitesse complette de la petite boule A, c'est-à-dire, comme 2 à 1, qui est la raison sous-doublée de 4 à 1. La même proportion se trouvera entre toutes les autres boules de même matière, & on le prouvera par de semblables raisons. TAB. IV * Fig. 58.

PROPOSITION XXIX.

S'Il y a des boules inégales de différentes matières, & que la pesanteur spécifique de la matière de la grande boule soit à la pesanteur spécifique

de

de la matière de la petite, réciproquement comme le diamètre de la petite est au diamétre de la grande; elles descendront également vîte, & leurs vitesses complettes seront égales.

TAB. IV* Fig. 59. Soit la boule A plus grande que la boule B, & soit le diamétre A au diamétre B, comme la pesanteur spécifique de la boule B est à la pesanteur spécifique de la boule A: je dis que leurs vitesses complettes seront égales. Car, soit une troisième boule C de même matière que la grande A, & d'égal volume à la petite B; la vitesse complette de la boule B sera à celle de la boule C en raison sous-doublée de la pesanteur à la pesanteur, par la vingt-cinquième Proposition de la seconde Partie. Mais, par la précédente, la vitesse complette de la boule A est à la vitesse complette de la boule C, en raison sous-doublée du diamétre A au diamétre C ou B; & la pesanteur de la boule B est à la pesanteur de la boule C, par l'hypothèse, comme le diamétre de la boule A est au diamétre de la boule C. Donc la vitesse complette de la boule A & celle de la boule B auront même raison à la vitesse complette de la boule C; & par conséquent ces vitesses seront égales; ce qu'il faloit démontrer. On en fera l'expérience en cette sorte.

Prenez une balle de plomb de quatre lignes de diamétre, & une boule de bois de buis, ou d'autre bois fort pesant, dont la pesanteur spécifique soit à celle du plomb comme 1 à 9: donnez à cette boule trois pouces de diamétre, ce diamétre sera neuf fois plus grand que celui de la balle de plomb, & par conséquent les diamétres seront en raison réciproque des pesanteurs spécifiques: laissez-les tomber en même tems de 100 ou de 120 pieds de hauteur, vous les verrez descendre ensemble & arriver au même moment à terre; d'où il doit arriver qu'aiant enfin acquis leurs vitesses complettes, elles seront égales. On en a fait l'expérience avec une boule de liége & une de cire: & parce que la cire a sa pesanteur spécifique quadruple de celle de liége à fort peu près, on fit le diamétre de la balle de liége de douze lignes, & celui de la balle de cire de trois lignes; ces deux balles tombèrent de la hauteur de quarante-cinq pieds avec des vitesses égales.

PROPOSITION XXX.

Les boules de même poids & de différentes grandeurs ont leurs vitesses complettes en raison réciproque de leurs diamétres.

TAB. IV* Fig. 60. AB & CD sont des boules d'un poids égal, dont CD est la plus grande; je dis que la vitesse complette de la petite AB sera à celle de la grande CD, réciproquement comme le diamétre CD est au diamétre AB. Car, soit la ligne *a* égale au diamétre AB, & la ligne *b* égale au diamétre CD; & les lignes *a*, *b*, *c*, *d*, étant continuellement proportionnelles, soit tirée la ligne *e*, moïenne proportionnelle aux deux *b* & *c*, cette ligne sera aussi moïenne proportionnelle entre *a* & *d*. Soit encore la boule F égale

égale en volume à la boule A B, & de même matière que la boule C D. Or la viteſſe complette de la boule A B ſera à celle de la boule C D, en la raiſon compoſée de celle de la boule A B à celle de la boule F, & de celle de la boule F à celle de la boule C D. Mais, par la Propoſition vingt-huitième de la ſeconde Partie, la viteſſe complette de la boule A B ſera à celle de la boule F comme la ligne *d* à la ligne *e*, moïenne proportionnelle entre *a* & *d*, parce que leurs poids ſont en la raiſon du volume de la boule C D au volume de la boule F, c'eſt-à-dire, en raiſon triplée des diamétres C D, A B; & *d* eſt à *a*, par la conſtruction, en la même raiſon triplée du diamétre C D au diamétre A B. Mais, par la Propoſition vingt-huitième, la raiſon de la viteſſe complette de la boule F ſeroit à celle de la boule C D, en la raiſon de la même ligne *e* à la ligne *c*, c'eſt-à-dire, en la raiſon ſous-doublée de *b* à *c*, qui eſt la même que la raiſon ſous-doublée du diamétre A B au diamétre C D. Or la raiſon compoſée de ces deux raiſons *d* à *e* & *e* à *c* eſt la raiſon de *d* à *c*, ou du diamétre C D au diamétre A B. Donc les boules de même poids &c. ce qu'il faloit prouver.

PROPOSITION XXXI.

ABC, DEF, ſont deux cones égaux & ſemblables & d'égale peſanteur, dont l'un eſt ſuppoſé tomber dans l'air par ſa baſe B C, & l'autre par ſa pointe F; je dis que la viteſſe complette du premier ſera moindre que celle de l'autre, ſelon la Propoſition, de D G demi diamétre de la baſe D E, au côté D F. Car, ſi un vent ſoufflant de bas en haut choquoit ces cones, la largeur des jets ſeroit égale, ſçavoir les baſes BC & DE. Mais, à cauſe du choc oblique contre le cone D E F, le même air qui le rencontrera, ſupportera un moindre poids que s'il choquoit directement la baſe B C, & ces poids ſeroient en raiſon ou proportion de D G à D F, par la Propoſition cinquième de la ſeconde Partie, en ſorte que ſi F D eſt quadruple de D G, il faudra que le cone A B C ſoit 4 fois plus peſant pour être ſoûtenu de même que l'autre cone. Donc, par la Propoſition vingt-ſixième de la ſeconde Partie, le poids du cone A B C, demeurant égal à celui de D E F, il ne faudroit pour le ſoûtenir que la moitié de la viteſſe du vent qui ſoûtiendroit le cone D E F tombant par ſa pointe; & par la Propoſition vingt-troiſième, le cone D E F aura ſa viteſſe complette double de celle du cone A B C, s'ils ſont égaux en peſanteur & qu'ils tombent ſelon ces poſitions; & afin qu'ils tombent avec des viteſſes égales, il faudra charger la baſe B C d'un tel poids que le cone A B C avec ce poids ſoit 4 fois plus peſant que le cone D E F. On en a fait pluſieurs expériences, dans la première deſquelles, le côté D F étoit triple de D G, les cones étoient comme des cornets de papier; on appliqua à la baſe B C une plaque de plomb, enfermée entre deux ronds de car- TAB. IV* Fig 61.

 ton,

ton, & on mit dans l'autre cone de petites balles de plomb pour charger la pointe F, jusques à ce que leur poids avec celui du papier fût le tiers de celui du cone ABC avec sa plaque de plomb. On laissa tomber ces cones, disposés comme on le voit en la figure, d'une hauteur de cinquante pieds à peu près, & ils arrivèrent en même tems au bas de cette hauteur. Dans la seconde expérience, FDE étoit un triangle équilatéral, & par conséquent FD étoit double de DG. On fit le cone ABC dans la même proportion, & on fit son poids double de celui de DEF: ces deux cones demeurèrent toûjours sensiblement à même hauteur en descendant d'une hauteur de 45 pieds; mais, parce que le cone ABC se balançoit en sa descente, & que cela changeoit un peu sa vitesse, on fit une troisième expérience, en laquelle on se servit seulement d'un carton rond égal à la base DE, & on mit au milieu une plaque de plomb dont le diamétre étoit égal au quart de DE, & ce poids avec le carton étant double du poids de DFE avec ses petites balles, on les laissa tomber de quarante-cinq pieds de hauteur, & on n'y vit aucune différence sensible de vitesse pendant toute leur chûte, le carton rond demeurant toûjours dans une situation horisontale. On a fait d'autres expériences dans lesquelles le côté DF étoit quatre ou cinq fois plus grand que le demi diamétre de la base, & aiant chargés les cones selon ces proportions en la manière ci-dessus, celui dont la base tomboit la première, passoit un peu celui qui tomboit par sa pointe; dont la cause est, que le cone DEF, étant fort long, avoit plusieurs petites éminences, qui étant choquées par l'air moins obliquement que le reste, retardoient un peu sa descente, joint à cela que l'air qui étoit entrainé par la base de ce cone en descendant, le retardoit aussi un peu, & plus à proportion que celui qui avoit sa pointe en haut. Il est même difficile que le vent, ou quelque irrégularité dans les figures, ne change un peu les précisions & l'exactitude des expériences.

CONSÉQUENCE.

Il suit de cette Proposition, qu'une boule descendra plus vîte & aura sa vitesse complette plus grande qu'un cylindre de pareil poids qui auroit sa base égale au grand cercle de la boule, & qui en tombant auroit son axe perpendiculaire; parce que l'air choque obliquement les boules, & directement les cylindres qui ont leurs bases horisontales.

On pourroit ici demander de quelle hauteur doit tomber un corps d'une certaine pesanteur, figure & position, pour acquérir sa vitesse complette; dans quel espace de tems il peut l'acquérir; & quelle doit être cette vitesse complette.

Ces Problêmes ou questions de Physique sont très-difficiles pour plusieurs raisons.

1°. Qu'on

1°. Qu'on n'en peut faire aucune expérience exacte, étant impossible d'observer précisément l'espace qu'un corps de pesanteur & de figure déterminée passe en descendant de son point de repos en un tems déterminé, par exemple, si une balle de plomb d'un pouce de diamétre fait quatorze pieds en une seconde, ou 13 $\frac{3}{4}$, ou 13 $\frac{1}{2}$ &c. par les mêmes causes qui empêchent de sçavoir, si la proportion de la réfraction de l'air à l'eau est comme de 3 à 4; ou comme de trois à 4 plus ou moins $\frac{1}{10}$, ou $\frac{1}{20}$, ou $\frac{1}{100}$, &c.

2°. Que, quand on fait les expériences en des lieux de différentes élévations, comme vers le sommet d'une haute montagne, ou dans des lieux soûterrains, elles doivent être différentes, à cause des différentes condensations de l'air.

3°. Qu'on ne sçait point si les corps beaucoup éloignés de la surface de la terre commencent à descendre avec la même vitesse que s'ils en étoient peu ou médiocrement éloignés.

4°. Que dans le commencement des chûtes, les corps très-différens en pesanteur descendent sensiblement avec des vitesses égales, à cause du peu de résistance que fait l'air à un petit mouvement: car l'on remarque qu'en une chûte de la hauteur d'un pied sur un pavé horisontal, une balle de plomb d'une livre, & une balle de bois de douze grains de pesanteur, paroissent tomber avec des vitesses égales, & frapper le pavé en même tems, si on les laisse tomber ensemble; & même on a observé que sous la Ligne équinoctiale les pendules à secondes doivent être plus courtes, que dans les païs situés vers le 50e. degré de latitude, & que par conséquent les corps pesans y tombent un peu plus lentement. De toutes ces difficultez il résulte, qu'on ne peut résoudre ces Problêmes qu'à peu près, soit par des raisonnemens, soit par des expériences, de même que le Astronomes ne peuvent déterminer qu'à peu près les distances des astres, & leurs mouvemens. Voici ce que j'ai pû trouver de meilleur sur un sujet si difficile.

PROBLÈME.

Trouver le tems de l'accélération des boules de différentes grandeurs & de différentes matières, leurs vitesses complettes, & les espaces qu'elles passent en descendant en des tems donnés.

Je suppose, comme l'expérience le fait voir, à fort peu près, qu'une balle de plomb de six lignes de diamétre parcourt en descendant dans l'air par son propre poids, quatorze pieds dans le tems d'une seconde; & que, si elle tomboit par un espace vuide, elle feroit quinze pieds dans le même tems. Or, par la seconde Supposition, les espaces passés en descendant par les corps pesans doivent être l'un à l'autre, comme

me les quarrez des tems de leurs chûtes, faisant abstraction de la résistance de l'air; & par cette raison, la balle devroit faire dans le vuide 60 pieds en deux secondes, & 135 en trois secondes. Mais la résistance de l'air, qui lui fait perdre un pied dans la première seconde, lui feroit perdre plusieurs pieds dans les secondes suivantes, selon la proportion des mêmes quarrez des tems, si l'air ne résistoit pas plus à une grande vitesse qu'à une petite. Mais par cette cause, cette diminution des pieds sera plus grande, que selon la proportion des quarrez des tems: & parce que, suivant la doctrine de *Galilée*, la vitesse acquise à la fin de la deuxième seconde doit être double de celle qui est acquise à la fin de la première seconde, & que celle qui est acquise à la fin de la troisième en doit être triple, & ainsi de suite; la résistance de l'air sera double à la fin de la deuxième seconde, mais elle ne sera que simple en son commencement, & elle augmentera par des degrez égaux. Il faut donc prendre celle qui sera dans le milieu de cette deuxième seconde pour la résistance moïenne; c'est-à-dire, que comme on n'ôteroit pas assez, si on n'ôtoit que quatre pieds de soixante pieds qui doivent être parcourus dans les deux secondes, & qu'on ôteroit trop, si on en ôtoit huit pieds; puisque la résistance n'est double qu'à la fin des deux secondes, on peut prendre l'unité pour la première seconde, & $\frac{1}{2}$ pour la suivante, dont la somme 1 $\frac{1}{2}$ multipliant 4, le produit qui est six pieds, sera la quantité qu'il faudra ôter des 60 pieds que le mobile devroit passer en deux secondes, & suivant cette régle, il ne fera que 54 pieds. On fera de même pour le tems de trois secondes, & on ôtera de 135 pieds, produit de 15 par 9, quarré de 3, 18 pieds, produit de 9 par le nombre 2, qui est composé de la première unité pour la première seconde, & d'une autre unité pour la moitié des deux autres secondes: ce nombre 18 étant ôté de 135, il restera 117, qui sera le nombre des pieds que la balle de plomb fera en 3 secondes. Pour le tems de 4 secondes, on prendra 2 $\frac{1}{2}$ nombre composé de la première unité & de la moitié de trois autres unitez, & on multipliera par ce nombre le quarré de 4, sçavoir 16: le produit sera 40, qu'il faudra ôter de 240, produit de 16 par 15; le reste 200 sera le nombre des pieds que la balle parcourra de haut en bas en quatre secondes, & ainsi de suite. Voici des Tables faites sur cette hypothèse, par lesquelles on connoîtra combien une balle de plomb de six lignes de diamétre passera de pieds en chaque seconde en descendant; combien elle en passera dans tel nombre de secondes qu'on voudra choisir; quand elle cessera d'accélérer son mouvement; quelle sera sa vitesse complette; & combien elle parcourra de pieds avant que de l'acquérir.

PRE-

PREMIÈRE TABLE.

Nombre des secondes.	*Espaces passés en une ou 2 ou 3 secondes &c.*
1	14
2	54
3	117
4	200
5	300
6	414
7	539
8	672
9	810
10	950
11	1089

SECONDE TABLE.

Secondes.	*Espaces passés en chaque seconde.*
1	14
2	40
3	63
4	83
5	100
6	114
7	125
8	133
9	138
10	140
11	139

Ces nombres 40, 63, 83, &c. de la seconde Table, sont les différences de suite des nombres supérieurs, 14, 54, 117, &c. Ainsi 40 est la différence de 14 & de 54; 63 est la différence de 117 & de 54, &c; & de la somme de ces nombres ensemble, 14, 40, 63, &c. de la seconde Table, est 1089 pieds, qui est le même que l'espace passé en 11 dans la première Table.

On connoîtra par cette Table, que l'accélération du mouvement de la balle en tombant finit à peu près à la moitié de la 11e. seconde, parce qu'en continuant la Table, il vient à la 11e. seconde 139, qui est un nombre moindre que 140: on peut donc prendre 140 ou 141 pieds pour cette vitesse complette. D'où il s'ensuit, qu'une balle de plomb de

ſix lignes de diamétre de quelque hauteur qu'elle puiſſe tomber, ne percera pas un aix épais d'un pouce, puiſque ſa viteſſe ne peut être qu'environ la ſeptième partie de celle que lui donne un mouſquet ou un piſtolet. Voici comme on peut prouver que la viteſſe qu'une arme à feu donne à une balle de plomb de 6 lignes, eſt plus de ſept fois plus grande que celle qu'elle peut acquérir en tombant. On a trouvé par pluſieurs expériences que le ſon fait 1080 pieds à peu près en une ſeconde, en comptant le tems qu'il y a entre le moment que le feu d'un canon paroît, lorſqu'on en eſt éloigné de 1500 ou de 1600 toiſes, & ſon bruit qu'on entend enſuite. On a auſſi trouvé que le ſon, quoiqu'il devienne plus foible ſelon les diſtances, ne diminue rien de ſa viteſſe. Pour comparer cette viteſſe du ſon à celle d'une balle pouſſée par une arme à feu, j'ai obſervé qu'étant à côté & un peu au-delà d'un aix contre lequel quelques arquebuſiers tiroient de 200 pieds de diſtance, j'entendois le coup & je voïois l'éclat du bois en un même inſtant: & parce que la viteſſe des balles diminue depuis qu'étant hors du canon, le reſſort de la flamme de la poudre ceſſe d'accélérer leur mouvement; il s'enſuit qu'à deux ou trois pieds de diſtance du canon, elles alloient plus vîte qu'étant à 200 pieds, & par conſéquent qu'elles avoient leur viteſſe égale à celle du ſon, quand elles en étoient à environ 100 pieds de diſtance; qu'elles l'avoient plus grande quand elles en étoient à 50 pieds ou à 25 pieds &c. & moindre quand elles avoient parcouru 150 pieds ou 200 pieds. Puis donc qu'une balle de plomb de ſix lignes peut avoir une viteſſe à faire plus de 1080 pieds en une ſeconde, & qu'en tombant la viteſſe qu'elle acquiert, n'eſt que de 140 ou de 141 pieds; il eſt évident que cette dernière viteſſe eſt moindre que la ſeptième partie de l'autre.

Or ſi on ſuppoſe que cette viteſſe complette de 140 pieds par ſeconde convienne à une balle de plomb de ſix lignes, on trouvera que la viteſſe complette d'une balle de cire de la même groſſeur ſera de 42 pieds à peu près. Car le poids de la balle de cire ſera à celle de plomb de même volume, comme 1 à 11. Donc, par la Propoſition 25e, la viteſſe complette de la balle de plomb ſera à celle de la balle de cire, comme 11 à $3\frac{1}{3}$, moïen proportionnel à peu près entre 11 & l'unité; & diviſant 140 par $3\frac{1}{3}$, le quotient 42 pieds ſera la viteſſe complette de cette balle de cire. On trouvera le même nombre 42 à peu près par la même méthode qu'on a trouvé les 140 de la balle de plomb, en ſuppoſant que la balle de cire fait douze pieds en la première ſeconde en tombant par ſa propre peſanteur: car, puiſque dans la première ſeconde elle perd 3 pieds des quinze qu'elle feroit dans le vuide, elle perdra en la ſeconde ſuivante 4 fois 3 pieds, ou 12 pieds, qu'il faudra multiplier par $1\frac{1}{2}$ comme pour la balle de plomb, & on aura 18, qu'on ôtera de 60 produit de 4 par 15; le reſte ſera 42 pour deux ſecondes, & 30 pieds pour la ſeule deuxième ſeconde. Pour la troiſième ſeconde on ôtera de 135, produit de 9 par 15, 54 produit

duit des 3 nombres 3, 9 & 2; le reste sera 81: & ôtant 42 de 81, le reste sera 39, & ainsi de suite. Voici une Table de cette progression.

TROISIÈME TABLE.

Secondes.	*Espaces passés en chaque seconde.*
1	12
2	30
3	39
4	39

On connoît par cette Table que la balle de cire de six lignes acquiert sa vitesse complette en 3 secondes & demi à peu près, puisque la quatrième seconde entière ne donne point d'augmentation, & qu'on peut prendre 41 ou 42 pieds par seconde pour la vitesse complette de cette balle de cire, qu'on suppose être chargée de sable menu, en sorte que sa pesanteur spécifique soit égale à celle de l'eau.

Si l'on veut sçavoir la vitesse complette d'une balle d'or de six lignes de diamétre, on multipliera 11 par 18, (ces nombres marquent les pesanteurs spécifiques du plomb & de l'or, à l'égard l'un de l'autre,) le produit est 198, dont la racine quarrée est à peu près 14 $\frac{1}{14}$. Or, comme 11 est à 14 $\frac{1}{14}$, ainsi 140 en une seconde est à 181 à peu près; par où l'on connoîtra, suivant la Proposition vingt-cinquième, que la vitesse complette d'une balle d'or de six lignes est de 181 pieds par seconde. On trouvera à peu près le même nombre, si on fait une Table comme les deux précédentes, en supposant que la balle d'or passe en la première seconde 14 pieds $\frac{1}{2}$, au lieu des 14 pieds qu'on a supposé pour le plomb, cette Table donnera environ 13 secondes pour le tems de l'accélération, & environ 1600 pieds pour la hauteur d'où doit tomber cette balle d'or, pour acquérir sa vitesse complette, qu'on trouvera par cette Table être d'environ 178 pieds, au lieu des 181.

A l'égard des corps peu pesans, comme le liége, le cotton, les boules creuses de papier, les bouteilles de savon, &c. on trouvera aisément leurs vitesses complettes, en supposant 42 pieds pour celle de la boule de cire de six lignes; car aiant trouvé par expérience qu'une balle de liége de six lignes ne pèse que le quart de celle de cire, on trouvera par la vingt-cinquième Proposition, que sa vitesse complette sera de 21 pieds.

On ne peut faire les Tables de ces vitesses médiocres par secondes entières, parce qu'elles acquiérent leur vitesse complette en moins de trois secondes; mais on en peut faire par des quarts de seconde en la manière suivante.

Si on suppose que les corps inégaux en pesanteur font 15 pieds en une

ne seconde en tombant par un espace vuide, & que, selon la doctrine de *Galilée*, ils passeroient trois pieds neuf pouces en une demi seconde, & 11 pouces $\frac{1}{4}$ en un quart de seconde; & que la résistance de l'air fasse prendre à une boule de liége de 6 lignes, $\frac{1}{4}$ de pouce de ces 11 $\frac{1}{4}$, en un quart de seconde; elle ne fera que 10 pouces au premier quart, & on continuera aisément la Table par la méthode ci-dessus.

QUATRIÈME TABLE.

Pour une balle de liége de six lignes.

Quarts de seconde.	*Espaces passés en chaque quart de seconde.*
1	10 pouces
2	27 $\frac{1}{2}$
3	41 $\frac{1}{4}$
4	51 $\frac{1}{4}$
5	57 $\frac{1}{8}$
6	60
7	58 $\frac{3}{4}$

On voit par cette Table qu'une balle de liége de 6 lignes acquiert en moins d'une seconde $\frac{1}{4}$ sa vitesse complette, en tombant d'environ 21 pieds, & qu'on peut la supposer de 61 pouces en un quart de seconde, c'est-à-dire de vingt pieds 4 pouces en une seconde, au lieu des 21 qu'on a trouvé en supposant 42 pieds pour la balle de cire. De-là on peut juger que les corps peu pesans, comme le cotton, les plumes &c. acquiérent leur vitesse complette en 1 seconde.

On trouvera de même par la 25e. Proposition, qu'une goute d'eau de deux lignes $\frac{2}{3}$, qui est la grosseur ordinaire des goutes d'eau, aura environ 28 pieds pour sa vitesse complette; car, puisque celle d'une balle de cire de six lignes, dont la pesanteur spécifique est supposée égale à celle de l'eau, est de 42 pieds, si on multiplie 6 par 2 $\frac{2}{3}$, le produit sera 16 dont la racine est 4, & 42 est à 28 comme 6 à 4. Que si on suppose qu'une bouteille d'eau de savon de 36 lignes de diamétre, ait été faite d'une goute d'eau de 2 lignes $\frac{2}{3}$, on trouvera par la 27e. Proposition que sa vitesse complette sera de 2 pieds $\frac{2}{27}$; car 36 est à 2 $\frac{2}{3}$ comme 28 à 2 pieds $\frac{2}{27}$.

AVERTISSEMENT.

Il est manifeste que les Tables ci-dessus ne sont point dans la dernière précision, puisqu'en continuant la deuxième de la balle de plomb jusques à la douzième seconde, le nombre de cette 12e. *seconde seroit moindre que celui de la*

la 10e, & qu'en continuant celle de la balle de cire jusques à la cinquième seconde, cette 5e. seconde donneroit moins que la troisième. Cependant il s'y trouve un équivalant si juste, qu'elles s'accordent toutes à fort peu près aux expériences, comme on le verra dans la suite; & on peut les recevoir, en attendant qu'on trouve des hypothèses plus justes.

Il est très-difficile de faire des expériences pour sçavoir les vitesses complettes des balles de plomb, parce qu'on auroit beaucoup de peine de trouver une hauteur perpendiculaire de 950 pieds; il seroit même fort difficile de les voir à la fin de leurs chûtes à cause de leur grande vitesse: il faut donc se servir de quelques balles de bois de liége ou de quelque boule creuse de papier, pour un premier fondement des vitesses complettes des autres corps; car ces balles prenant des vitesses complettes médiocres, il sera aisé de mesurer les espaces & les tems de leurs chûtes.

Pour en faire les expériences bien justes, il faut choisir une tour de 80 ou de 100 pieds de hauteur, & laisser tomber une balle de cotton d'un pouce de diamétre du plus haut endroit qu'on pourra, du côté qui regarde le Midi, lorsque le soleil luit, & que le vent vient du Nord ou du Nord-Est; & après avoir remarqué à peu près les pieds qu'elle fait en la première seconde, par exemple 8 pieds, on pourra faire des divisions égales de neuf pieds chacune depuis le bas de la tour jusqu'aux deux tiers; & parce que les ombres du soleil sont considérées comme paralleles, si la vitesse complette de la boule est de neuf pieds, on pourra remarquer assez précisément par son ombre si elle passera neuf pieds à chaque seconde, après avoir passé le tiers de la hauteur de la tour. Que si elle passe chaque division en plus d'une seconde, ou en moins d'une seconde; on pourra diminuer ou augmenter la grandeur de chaque division, & les faire enfin telles que l'ombre de la boule en passe une en chaque seconde. On prendra la grandeur d'une de ces divisions pour la vitesse complette de cette boule légére, par le moïen de laquelle on trouvera les vitesses complettes de toutes les autres boules, par les Propositions 25e, 26e, 27e & 28e. J'ai fait plusieurs expériences avec des personnes fort intelligentes, sur les tems des chûtes de plusieurs boules différentes en volume & en pesanteur spécifique, dont voici les plus exactes.

EXPÉRIENCES POUR LES CHÛTES DES CORPS PESANS.

On a choisi pour faire ces expériences le noïau vuide de l'escalier à vis de la cave de l'Observatoire, dans le milieu duquel on peut laisser tomber des balles depuis le haut de la platte-forme qui couvre tout le bâtiment, y aïant à chaque étage des ouvertures rondes de même grandeur que celle de l'escalier, & directement au-dessus, elles ont chacu-

ne trois pieds de diamétre. On avoit mis à un demi pied plus haut que le fond de ce noïau, un aix de 2 pieds & demi de largeur en situation horisontale, sur lequel on laissoit tomber les balles ; il y avoit 163 pieds $\frac{1}{2}$ depuis l'aix jusques au pavé de la platte-forme, & on tenoit les balles, avant que de les lâcher, trois pieds plus haut que l'ouverture ; ce qui faisoit une hauteur de 166 pieds $\frac{1}{2}$. Celui qui faisoit l'expérience, tenoit la balle de plomb d'un pendule à demi secondes entre le pouce & le premier doigt, & il avoit la balle qui devoit tomber, entre le même pouce & le second doigt, de maniére qu'en ouvrant la main il laissoit aller les deux balles en même tems. On comptoit les demi secondes jusques à ce qu'on entendit le coup de la balle qui frappoit l'aix. On en fit plusieurs expériences avec des balles de plomb de six lignes de diamétre, & entre le plus & le moins on trouva que le tems de leurs chûtes étoit de sept demi secondes & un quart de seconde, c'est-à-dire, trois secondes 3 quarts. Mais, parce que le bruit fait 180 pieds en un sixième de seconde, car il fait 1080 pieds à fort peu près en une seconde, il faut ôter un peu moins qu'un 6e. de seconde de ces trois secondes $\frac{3}{4}$, parce qu'il n'y avoit que 166 pieds $\frac{1}{2}$ de distance au lieu des 180 ; le reste est 3 secondes $\frac{8}{13}$ à fort peu près. Or, suivant la première Table, il faut prendre le quarré de 3 $\frac{8}{13}$, qui est environ 13 $\frac{1}{14}$; son produit par 15 est 196 $\frac{1}{14}$, dont il faut ôter le produit de 13 $\frac{1}{14}$ par 2 & $\frac{4}{13}$, suivant la régle de la construction des Tables ; ce produit est environ 30 $\frac{1}{6}$, lequel étant ôté de 196 $\frac{1}{14}$, il restera un peu moins de 166 pieds au lieu des 166 pieds & demi de distance jusques à l'aix. On laissa tomber ensuite les mêmes balles depuis le vestibule qui est au rez de chaussée du bâtiment ; la distance jusqu'à l'aix étoit de 87 pieds & demi ; les balles parcouroient cet espace en deux secondes & sept douzièmes entre le plus & le moins, après en avoir ôté le tems qui convient au mouvement du son dans cet espace. Ces expériences se trouvent conformes à peu près à la même première Table : car le quarré de 2 $\frac{7}{12}$ est 6 $\frac{2}{3}$ & un peu plus ; le produit de 6 $\frac{2}{3}$ par 15 est 100, dont il faut ôter le produit de 6 $\frac{2}{3}$ par 1 $\frac{19}{24}$; ce produit est 11 $\frac{17}{18}$; 100 moins 11 $\frac{17}{18}$ est 88 $\frac{1}{18}$, au lieu des 87 pieds $\frac{1}{2}$.

SECONDES EXPÉRIENCES.

On laissa tomber sur le même aix, depuis trois pieds au-dessus du pavé de la grande salle, une balle de cire de 6 lignes de diamétre chargée d'un peu de sable, en sorte que sa pesanteur spécifique étoit égale à celle de l'eau ; la distance étant mesurée se trouva de 126 pieds $\frac{1}{2}$; la balle emploïa 4 secondes & $\frac{1}{5}$ avant qu'on entendit le coup sur l'aix ; ôtez de ce tems $\frac{1}{9}$ de seconde pour le tems du mouvement du son, il restera 4 secondes $\frac{1}{11}$ à peu près ; cette balle suivant la troisième Table devoit passer 81 pieds en trois secondes, & 40 pieds pendant la 4e. seconde,

de, & y ajoûtant $\frac{1}{11}$ de 42, ſçavoir 4 à peu près, la ſomme ſera 126 au lieu des 126 $\frac{1}{2}$. On laiſſa tomber enſuite la même balle depuis le haut du grand eſcalier juſques ſur un aix qui étoit au-deſſous à 71 pieds de diſtance; elle paſſa cet eſpace en 2 ſecondes $\frac{2}{3}$ à peu près, conformément à la troiſième Table.

TROISIÈMES EXPÉRIENCES.

On laiſſa tomber de la même hauteur de 71 pieds une balle de liége de ſix lignes de diamétre; elle paſſa cet eſpace en 4 ſecondes. Cette balle, ſuivant la 4ᵉ. Table, acquiert ſa viteſſe complette en 2 ſecondes, & cette viteſſe, par rapport à celle de la balle de cire, eſt de 21 pieds. Si donc on prend 11 pieds pour la 1ᵉ. ſeconde, 19 pour la deuxième, & 42 pour les deux ſuivantes; la ſomme ſera 72, au lieu de 71.

On laiſſa tomber de la même hauteur une balle de cire de huit lignes. Sa viteſſe complette, par la 28ᵉ. Propoſition, eſt de 49 pieds par ſeconde. Elle paſſa les 71 pieds en 2 ſecondes $\frac{1}{2}$ un peu moins. Si donc on prend 13 pieds pour la première ſeconde, 35 pour la deuxième, & 24 $\frac{1}{2}$ pour la demi ſeconde reſtante; la ſomme ſera 72 $\frac{1}{2}$, dont il faut ôter 1 $\frac{1}{2}$, parce que la demi ſeconde n'étoit pas entière.

On laiſſa encore tomber de la même hauteur une balle de liége de 12 lignes de diamétre; elle paſſa les 71 pieds en ſix demi ſecondes & la moitié d'une demi ſeconde, c'eſt-à-dire, 3 ſecondes $\frac{1}{4}$; ſa viteſſe complette eſt de 29 $\frac{2}{3}$ par la 28ᵉ. Propoſition, celle de la balle de ſix lignes de même matière étant de 21 pieds. On trouvera les 71 pieds à peu près en prenant 12 pieds pour la première ſeconde, 24 pour la deuxième, 28 pour la troiſième, & 7 $\frac{1}{2}$ pour le quart de 29 $\frac{2}{3}$.

On a fait pluſieurs autres expériences ſur ces balles de cire & de liége, dans quelques unes deſquelles il a paru que les nombres de la troiſième & quatrième Table étoient un peu trop petits, & qu'on pouvoit mettre dans la 3ᵉ. 12 pieds $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{6}$, au lieu de 12 qu'on a mis pour la facilité du calcul, 32 pour 30 à la deuxième ſeconde, & 43 ou 44 pour la viteſſe complette au lieu de 42; & à l'égard des balles de liége de 6 lignes, on a auſſi conjecturé qu'on pouvoit prendre 11 $\frac{1}{2}$ pieds pour la 1ᵉ. ſeconde, 20 $\frac{1}{2}$ pour la deuxième, environ 22 pour ſa viteſſe complette, & 31 pour celle de la balle de 12 lignes. Ceux qui en voudront faire des expériences dans de grandes hauteurs de 200 ou 300 pieds, le pourront vérifier.

Ce qui eſt le plus difficile dans ces expériences, eſt de bien obſerver le tems des chûtes; car il eſt comme impoſſible de s'empêcher de tomber en erreur d'un huitième ou d'un 10ᵉ. de ſeconde.

Il eſt bon de remarquer ici qu'il faut faire les expériences des tems des chûtes des corps très-légers dans des lieux fermés, où il ne ſe faſſe point ou très-peu de mouvement d'air; car leur viteſſe en ſeroit aug-

mentée ou retardée considérablement. On peut aussi remarquer qu'encore qu'une balle de plomb de 2 pouces ait sa vitesse complette deux fois plus grande qu'une de six lignes, par la 28e. Proposition, elles passent pourtant un espace de plus de 50 pieds avec des vitesses sensiblement égales; ce qui n'arrive pas à des balles de liége: car on a observé qu'une balle de cette matière, d'un pouce, en passa une de six lignes, d'environ six pieds dans une chûte de quarante-cinq pieds. Cette différence procéde de ce que l'air résiste très-peu à une balle de plomb quand elle n'a qu'une vitesse de 30 ou 35 pieds en une seconde; car cette vitesse n'est qu'environ le quart de celle qu'elle peut acquérir: au lieu que la balle de liége de six lignes acquiert toute sa vitesse qui n'est que de 21 pieds par seconde, en 31 pieds, qu'elle passe en deux secondes; & par conséquent l'air lui résiste beaucoup, & la différence de cette résistance, à l'égard de celle qui retarde la balle de liége de 12 lignes, est fort considérable dans un espace de 45 pieds.

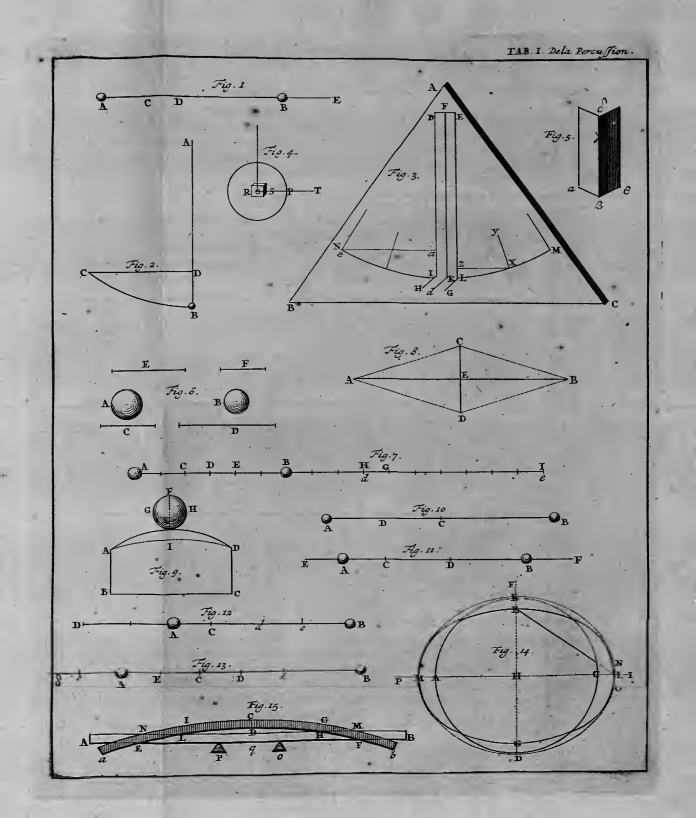
QUATRIÈMES EXPÉRIENCES.

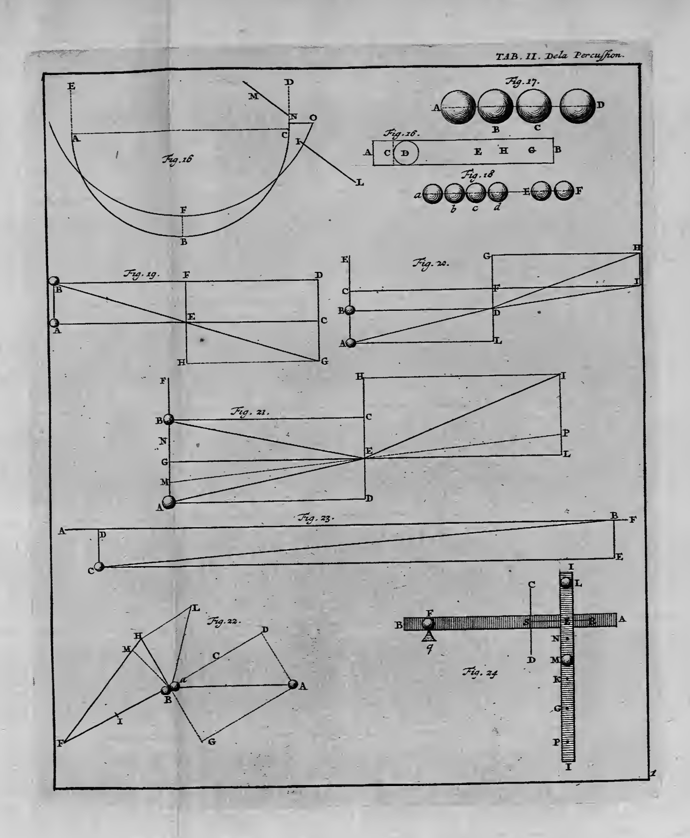
On laissa tomber de 80 pieds de hauteur en un même moment, une boule de cire de trois pouces de diamétre, & une de six pouces; elles allèrent jusques à 30 pieds avec une vitesse sensiblement égale; mais à la fin de leurs chûtes, la grosse passa de six ou sept pieds la petite.

On laissa tomber ensemble de la même hauteur une boule de mail & un boulet de canon d'une même grosseur; ils descendirent jusques à 25 pieds également vîte; le boulet étant à 50 pieds passa la boule de mail d'environ deux pieds, & au bas de la chûte de plus de quatre pieds.

Pour sçavoir quelle grosseur doit avoir un boulet de plomb pour pouvoir acquérir en tombant une vitesse égale ou plus grande que celle du son, qui est à peu près la même qu'elle auroit à la sortie d'un canon; il faut diviser par 140, nombre des pieds de la vitesse complette d'une balle de plomb de six lignes, 1080 pieds, qui est la vitesse du son; le quotient est un peu moins que huit. Si donc on prend un troisième proportionnel aux nombres un & huit, sçavoir soixante-quatre; on connoîtra que le boulet doit avoir son diamétre soixante-quatre fois plus grand que celui de la balle de six lignes, & qu'il sera de trente-deux pouces: car en multipliant cent quarante pieds par huit, le produit sera 1120 pieds, qui sera la vitesse complette du boulet de trente deux pouces. Mais il faudroit, pour acquérir cette vitesse, plus de 40 secondes de tems, & une hauteur de plus de 22000 pieds, comme on le pourra connoître à peu près, en faisant une Table semblable à la première, après avoir supposé que ce gros boulet ne perdroit qu'un pouce, par la résistance de l'air, des 15 pieds qu'il devroit parcourir par le vuide en une seconde.

FIN.


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15


Fig. 16
Fig. 17.
Fig. 16.
Fig. 18
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 23.
Fig. 22.
Fig. 24
1

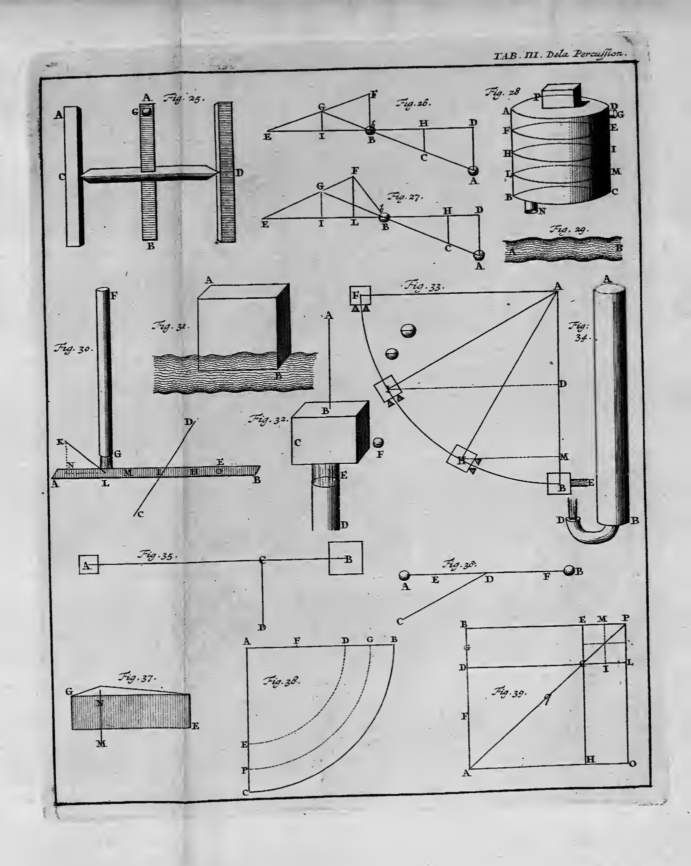

Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 33.
Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.

Fig. 40.

Fig. 41.

Fig. 42

Fig. 43.

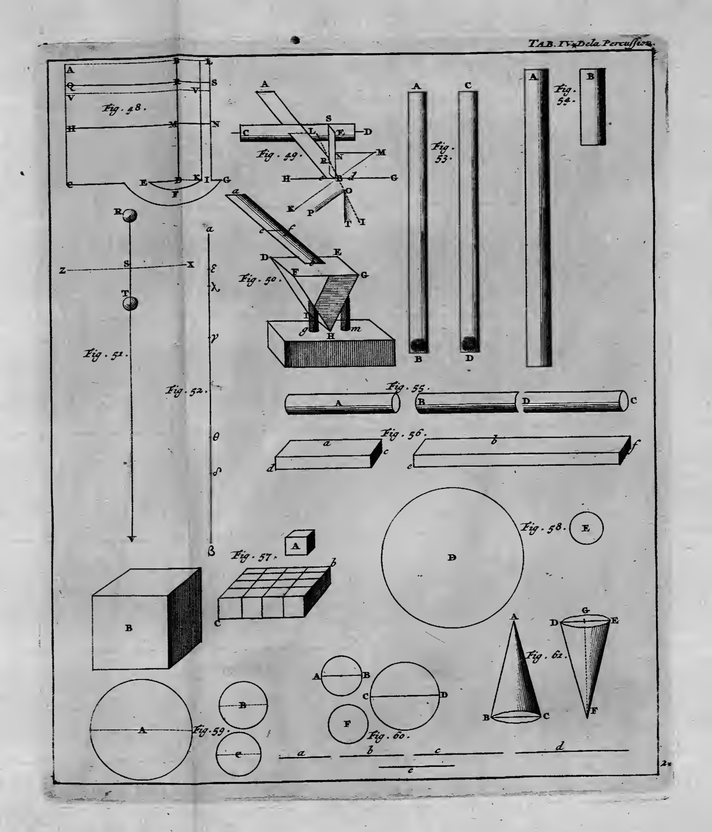
Fig. 45.

Fig. 46

Fig. 47.

Fig. 47.

Fig. 44.


Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60.
Fig. 61.

ESSAIS
DE
PHYSIQUE,
OU
MÉMOIRES POUR SERVIR
A LA SCIENCE DES CHOSES
NATURELLES.

PREMIER ESSAI.
DE LA
VÉGÉTATION
DES
PLANTES.

PAR MR. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences.

LETTRE
ÉCRITE A
MONSIEUR LANTIN,
CONSEILLER AU PARLEMENT DE BOURGOGNE, SUR LE SUJET DES PLANTES.

PREMIÈRE PARTIE.

DES ÉLÉMENS OU PRINCIPES DES PLANTES.



VOus désirez, Monsieur, que je vous fasse sçavoir mes sentimens sur le sujet des *Plantes*; c'est-à-dire, que je vous explique quels sont les élémens ou principes dont elles sont composées; de quelle manière elles se nourrissent; & enfin quelles sont les causes de leurs qualitez différentes, & de leurs vertus, tant salutaires que nuisibles. Mais, c'est une entreprise qui me semble très-difficile, & je vois tant de doutes & d'obscuritez dans cette matière, que je n'ose vous promettre de la pouvoir suffisamment éclaircir, ni de vous en donner des connoissances plus belles & plus assûrées que celles que vous avez. Voici tout ce que j'en ai pû apprendre, tant par mes expériences particulières, que par celles que j'ai vû faire dans le Laboratoire de *l'Académie Roïale des Sciences*.

Ma première hypothèse est, qu'il y a plusieurs principes grossiers & visibles des plantes, comme l'eau, le soufre ou huile, le sel commun, le salpêtre, le sel volatile ou armoniac, quelques terres, &c. Et que ces principes grossiers sont composés eux-mêmes de trois ou quatre principes plus simples, qui sont naturellement joints ensemble; par exemple, le salpêtre a son flegme ou eau insipide, son esprit, son sel fixe, &c; le sel commun a son flegme, son esprit, son sel fixe, &c. Et on peut croire avec beaucoup de vrai-semblance, que ces principes plus simples sont encore composés de quelques parties différentes entre elles, tellement petites, qu'on ne peut les appercevoir par aucun artifice, ni déterminer quelles sont leurs figures & leurs autres propriétez.

Première hypothèse sur les principes des Plantes.

Idée des noms de fixe, volatile, esprit, &c.

Mais, d'autant que les noms de fixe, volatile, esprit, &c. ne sont pas communs, & que plusieurs Chymistes qui s'en servent, en ont souvent des idées confuses, & peu distinctes; je crois qu'il est nécessaire que je vous explique ici comme je les conçois.

On voit par les effets du grand miroir concave, qui est dans la Bibliothéque du Roi, qu'il n'y a aucun corps qui ne se fonde à une extrême chaleur. Les terres, les talcs, les pierres, le plâtre, l'ardoise, la mine de plomb, la sanguine, le cristal de roche en poudre, & plusieurs autres matières se vitrefient en fort peu de tems, lorsqu'on les expose au foyer de ce miroir; & il est très-vrai-semblable que celles dont on n'a pas encore fait l'expérience, se fondroient aussi: & parce qu'on voit fumer la plûpart de ces matières avant que de se fondre, & qu'étant fondues, elles bouillonnent; il est aisé de juger que ces effets procédent de quelques-unes de leurs plus subtiles parties qui se volatilisent & se mettent en mouvement les unes après les autres.

On remarque aussi, que les corps qui paroissent les plus fixes, comme les pierres & les métaux, deviennent lumineux dans le feu. Or la lumière procéde vrai-semblablement d'un mouvement très-rapide & très-violent; d'où l'on peut conclure, qu'alors quelques-unes des particules de ces corps se meuvent, & par conséquent qu'elles sont volatiles, ou du moins qu'elles le deviendroient enfin, si ces matières étoient exposées à un miroir qui fît des effets plus considérables que celui dont j'ai parlé.

On ne peut donc assûrer d'aucun corps qu'il soit véritablement dur ou fixe de sa nature. Toutefois pour m'accommoder avec les Chymistes, j'appelle ici dur, ce qui se fond difficilement; fixe, ce qui ne s'éléve que par une très-grande chaleur; & volatile, ce qu'une chaleur médiocre peut faire élever. Mais il y a de différens degrez de dureté, de fixité, & de volatilité: car, par exemple, l'eau est plus volatile que le sel armoniac, & l'esprit de vin plus que l'eau; la terre se fond par la chaleur plus difficilement que les sels, &c.

Les Chymistes appellent esprits, les petites parties non aqueuses qui s'élévent des corps par la chaleur, & se réduisent en liqueur par la distillation, comme l'esprit de salpêtre, l'esprit de vitriol, l'esprit de sel, &c.

Ils appellent aussi esprits, les liqueurs aqueuses qui se tirent par la distillation, lorsqu'elles sont remplies & impregnées de quelques sels, ou de quelques autres principes actifs qui se sont élevés avec elles par la force du feu.

De l'union naturelle de quelques-uns de ces Principes.

On reconnoît l'union naturelle de quelques-uns de ces principes par les expériences suivantes:

Versez de l'esprit tiré du salpêtre, sur du sel de tartre dissous en eau commune, ou sur un autre sel fixe de semblable nature que le sel de tartre; & vous verrez qu'il se fera une grande effervescence ou bouillonnement dans ces matières; ce qui procéde vrai-semblablement du mou-

mouvement violent de leurs très-petites parties, lorſqu'elles s'accrochent les unes aux autres pour s'unir intimement enſemble, & faire un composé nouveau, ſemblable au premier ſalpêtre dont l'eſprit avoit été tiré. La même choſe arrive à l'eſprit de vitriol & à l'eſprit de ſel, lorſqu'on les mêle avec les mêmes ſels fixes. Les eſprits acides des plantes diſtillées étant verſés ſur le ſel volatile qui s'éléve de quelques-unes à la fin de la diſtillation, font auſſi une effervescence très-conſidérable, de même que les liqueurs diſtillées des terres, lorſqu'on les verſe ſur de la brique. On reconnoît auſſi ce mouvement de réünion par les ſels des cendres, dont par la force du feu on a ſéparé l'eau & les autres principes ſimples, auxquels ces ſels ſont joints ordinairement; car ils pénétrent dans les chairs des animaux, pour ſe rejoindre à ces principes. De-là on peut juger, que le goût acide & pénétrant de l'eſprit de ſalpêtre & des autres eſprits ſéparés par la diſtillation, procéde de ce qu'ils pénétrent profondément dans la langue, & que la douceur qu'on trouve dans la plûpart des fruits, procéde d'une union exacte des principes dont ils ſont composés; car lorſqu'on en a laiſſé évaporer quelques-uns, le reſte devient acide & pénétre la langue. C'eſt par cette raiſon que l'hydromel & le vin doux deviennent aigres, lorſqu'on les laiſſe éventer, & que beaucoup de ces eſprits acides ont la force de diſſoudre les métaux & pluſieurs autres corps, en s'inſinuant dans leurs pores les plus étroits pour s'unir à ce qui leur eſt propre dans ces matières.

Je n'entens pas toutesfois attribuer à ces principes une connoiſſance par laquelle ils cherchent à ſe réünir; mais je connois qu'ils ont une diſpoſition naturelle à ſe mouvoir réciproquement pour cette union exacte, quand ils ſe touchent: & quoiqu'il ſoit très-difficile de déterminer quelle eſt cette diſpoſition, il ſuffit de ſçavoir qu'il ſe trouve dans la nature beaucoup d'exemples de ces mouvemens. Ainſi les corps peſans ſe meuvent vers le centre de la terre; ainſi le fer ſe meut vers l'aimant; & ces mouvemens ne ſont guéres plus difficiles à concevoir que ceux des planétes dans leurs orbes, ou que celui du ſoleil autour de ſon axe, ou du cœur dans un animal vivant.

Quelques Chymiſtes croïent qu'il y a dans la Nature un corps très-ſubtil qu'ils appellent Eſprit univerſel, lequel s'inſinuant dans diverſes matières produit les principes groſſiers des corps: mais on peut avec plus de raiſon croire le contraire; c'eſt-à-dire, qu'il y a un ſel fixe, qui ſert de baſe à ces principes, & que les eſprits différens les ſpécifient & les déterminent.

Baſe de ces principes, & ce qui les ſpécifie & les determine.

Voici l'expérience que j'en ai vû faire: On prend trois portions égales de ſel de tartre: on verſe ſur la première de l'eſprit de ſel, ſur la ſeconde de l'eſprit de ſalpêtre, & ſur la troiſième de l'eſprit de vitriol, juſques à ce que ces matières ne faſſent plus d'effervescence: on laiſſe évaporer une partie des liqueurs; & on trouve dans le premier mélan-

ge, du véritable sel de figure cubique, qui pétille au feu & qui a sensiblement le goût du sel commun; dans le deuxième, on trouve du véritable salpètre en longues aiguilles, qui a le goût piquant & qui fulmine dans le feu; & dans le troisième, du vitriol en figures exagones ou en pointes de diamant, & qui a les autres qualitez du vitriol, horsmis qu'il n'est pas verd, & qu'il ne noircit pas la solution des noix de galle: mais cela peut procéder de ce que la matière métallique qui est mêlée avec le vitriol, & qui lui donne la couleur verte & la vertu de noircir, ne passe pas par l'alambic avec les esprits.

Seconde hypothèse sur les principes des Plantes.

Ma seconde hypothèse est, que plusieurs de ces principes grossiers sont dans chaque plante. Je prouve cette hypothèse par les raisons & par les expériences suivantes:

Première preuve de cette hypothèse.

La basse région de l'air est remplie des plus subtiles parties de ces principes, lesquelles y sont élevées par la chaleur du soleil, ou par celle qui se trouve en plusieurs lieux soûterrains. Cela sa prouve par le feu du tonnerre, qui a un mouvement prompt comme celui du salpêtre enflammé, & qui fait sentir une odeur de soufre dans les lieux où il tombe; ce qui fait connoître qu'il est en partie composé de ces principes, qui ont été élevés dans l'air. Les nuées ne sont autre chose que de petites particules d'eau qu'on appelle des vapeurs, & elles sont mêlées de quelques petits corpuscules des sels, comme le remarquent quelquefois ceux qui demeurent dans le voisinage de la mer. Or ce soufre, ce salpêtre, ces sels volatiles, &c. se mêlent dans l'air avec les vapeurs aqueuses, & retombent avec les pluies formées de ces vapeurs sur la surface de la terre. Ils la pénétrent ensemble jusques aux racines des plantes, où ils entrent avec quelques particules des terres qui rendent ces eaux boüeuses; ce qui n'est pas difficile à croire, puisque bien souvent le sable menu qui se trouve auprès des racines des plantes, y entre avec l'eau des pluies, comme on le reconnoît en mangeant des asperges & des artichaux qui croissent dans de certaines terres sablonneuses.

Seconde preuve.

Cette seconde hypothèse se prouve encore par les distillations, & par les autres opérations de Chymie. Car, par leur moïen on tire de toutes les plantes de l'eau insipide, que les Chymistes appellent flegme; des huiles inflammables; des esprits qu'on appelle acides, parce qu'ils sont reconnus par cette saveur; d'autres esprits que quelques-uns appellent sulfurés, mais par un nom impropre, puisqu'ils ne sont aucunement inflammables; je les appelle ici esprits armoniaques: & lorsqu'on fait brûler à un feu de réverbère les matières séches & noirâtres qui demeurent au fond des vaisseaux après les distillations, & qui ne sont autre chose qu'un composé de terres, de sel, & de quelque portion huileuse & sulfurée qui étant trop visqueuse, ou trop engagée avec les terres & les sels fixes, ne peut s'élever & devenir volatile qu'à un feu ouvert; il reste des cendres, d'où l'on tire une terre insipide, qui ne

ne ſe diſſoud pas dans l'eau, & des ſels fixes qui ſont différens les uns des autres par le mêlange du plus ou du moins des eſprits acides & armoniaques, ou de quelques autres principes inconnus, que le feu n'a pu élever.

On diſtingue facilement l'eſprit armoniac des plantes, de leur eſprit acide, parce que le premier précipite en blancheur le ſublimé diſſous en eau commune, & qu'il fait effervefcence avec l'eſprit de ſel; ce que la liqueur acide, qui eſt ordinairement plus peſante, ne fait point: mais elle a une autre propriété, qui eſt de rougir la teinture bleue du tourneſol; ce que l'eſprit armoniac ne fait point.

On peut conjecturer que l'eſprit ardent eſt un mêlange de l'eſprit de ſel armoniac, & des parties les plus inflammables & les plus légéres de l'huile; car il ſe mêle avec l'eau, à cauſe de ſon ſel & de ſa ténuïté, au lieu que les huiles groſſières nagent ordinairement ſur l'eau & ne s'y mêlent pas.

On voit auſſi à la fin de quelques diſtillations, des ſels volatiles attachés au vaiſſeau de verre qui reçoit les eaux diſtillées, & ces ſels ont beaucoup de rapport à l'eſprit léger qui trouble le ſublimé, lequel eſprit n'eſt vrai-ſemblablement autre choſe que le mêlange des plus ſubtiles parties des ſels volatiles, avec les eaux qui s'élévent dans les diſtillations, comme l'acide peut être pris pour les plus légéres parties de l'alun ou du ſalpêtre, &c. qui entrent dans la compoſition des plantes.

Il ne faut pas croire que le feu produiſe ces différens principes dans les diſtillations: car l'eau & la terre ſe trouvent ailleurs; le ſel de la mer & le ſoufre ſe trouvent ſans feu; le vitriol & le ſalpêtre de même; les huiles ſe trouvent dans de certains fruits & dans les ſemences des plantes. Il eſt vrai que ces principes ſont ſouvent un peu altérés par la chaleur du feu, & même une exceſſive chaleur en peut unir pluſieurs enſemble ſi exactement, qu'on ne peut après les ſéparer, comme lorſque la terre avec les ſels & les autres principes qu'elle contient, eſt réduite en verre.

On trouve auſſi ces mêmes principes en diſtillant les terres; car elles donnent de l'eſprit armoniac, de l'eſprit acide, des huiles, des ſels, &c. Et celles qui ne ſont pas lavées par la pluie, & qui ſont propres pour nourrir les plantes, donnent du ſalpêtre & du ſel commun; c'eſt pourquoi il ne faut pas s'étonner ſi on trouve ces principes dans les plantes, puiſqu'elles ſe nourriſſent dans les terres qui les contiennent.

On peut ſuppoſer par ce que j'ai dit ci-deſſus, que ce qui ſe réduit en liqueur acide, comme les eſprits de ſel, de ſalpêtre, &c. eſt un genre de principes qui a pluſieurs eſpéces; & que ce qui précipite le ſublimé diſſous, eſt d'un autre genre; mais qu'une partie de ces principes volatiles peut être unie avec les ſels fixes, & avec les terres, par la force du feu.

 Lorſ-

Lorsque le sel armoniac, que quelques-uns appellent alcali volatile, est engagé avec les terres, & avec les sels fixes qui l'empêchent de s'élever, & retiennent une partie, encore même qu'on brûle les plantes à un feu ouvert, on appellera, si l'on veut, ce composé, sel lixiviel ou alcali fixe. On distingue ce sel, en ce qu'il précipite la solution du sublimé en couleur rougeâtre; ce que les autres sels fixes ne font pas. Mais dans toutes les plantes, ces principes sont mêlés en différentes manières, & leurs unions ou séparations sont plus ou moins parfaites. De toutes lesquelles choses on peut inférer avec assez de vrai-semblance, que les principes grossiers & sensibles des plantes, sont; les terres, l'eau, le sel marin, le salpêtre, le sel nitre des Anciens, le soufre, &c. & même l'alun & l'orpiment. Voici une conjecture que j'ai pour ce dernier.

Toutes les liqueurs qui sont dans les animaux à quatre pieds, qui se nourrissent de plantes, sont composées de leurs mêmes principes; & par conséquent, la bile qui est dans la vésicule du foie, est une séparation de quelques-uns de ces principes. Or si on fait sécher du fiel de bœuf, & qu'on le fasse brûler, il jette une flamme toute semblable à celle de l'orpiment. La bile fait aussi des érosions comme l'orpiment; d'où l'on peut inférer qu'il y en a un peu dans quelques plantes.

Troisième hypothèse.

Ma troisième hypothèse est, que les sels, les terres, les huiles, &c. que donnent les diverses sortes de plantes par la distillation, sont les mêmes; & que les différences qu'on y trouve, ne procédent que de l'union plus ou moins parfaite de quelques-uns de ces principes grossiers & de leurs parties les plus simples, ou bien de leurs séparations.

Prouvée par deux expériences.

Cette troisième hypothèse se prouve par les expériences suivantes:

Première expérience.

Si on greffe un poirier de bon chrétien sur un poirier sauvage, la même séve qui dans ce dernier eût produit des poires fort petites & d'un mauvais goût, aiant passé dans les branches que la greffe pousse, y produira des poires fort grosses & d'un goût excellent, & dont les autres qualitez seront fort différentes de celles de l'autre fruit. Mais, si derechef on greffe sur une des branches produites par cette greffe de bon chretien, une greffe de poirier sauvage; elle produira des poires fort petites & d'un mauvais goût. Ce qui fait connoître manifestement que c'est toûjours la même séve qui étoit dans le tronc de l'arbre, qui est diversement déterminée, soit par quelque vertu occulte que quelques-uns appellent spécifique, qui est dans chaque greffe, soit par la structure particulière de leurs fibres & de leurs pores, qui fait prendre à cette séve des figures & des dispositions semblables à celles qu'elles ont; de la même manière que la flamme d'une chandelle prépare le suif qui est au-dessous, & le dispose à être réduit en flamme à son tour, en donnant à ses petites parties un mouvement semblable à celui dont les siennes sont agitées.

Cette

Cette troisiéme hypothèse se prouve encore par cette autre expérience.

Seconde expérience.

Prenez un pot où il y ait de la terre pesant sept ou huit livres, & y semez une plante telle que vous voudrez; elle trouvera dans cette terre & dans l'eau qui y tombe par les pluies, tous les principes dont elle sera composée étant arrivée à sa perfection. Or, comme on y peut semer trois ou quatre mille plantes différentes; si leurs sels, leurs huiles, leurs terres, &c. étoient différentes les unes des autres, il faudroit que tous ces principes fussent dans ce peu de terre, & dans le peu d'eau de pluie qui y tombe pendant trois ou quatre mois; ce qui est impossible: car chacune de ces plantes étant venue en maturité donneroit du moins un gros de sel fixe, deux gros de terre, &c; & tous ces principes ensemble, y compris ceux qui sont mêlés avec les eaux distillées, péseroient au moins deux ou trois onces, qui multipliées par le nombre des plantes, qu'on a supposé être 4000, feroient un poids de 500 livres; au lieu que toute la terre du pot & toute l'eau qui y tombe en quatre mois, ne pésent pas 20 livres. Desquelles raisons & expériences il s'ensuit, que les principes dont chaque plante est composée, sont les mêmes, du moins les grossiers & sensibles; & que si elles ont quelqu'un de particulier, on ne peut le séparer & le faire voir à part.

Moïen de se former une idée distincte de ces principes.

Quoique ces principes ne soient presque jamais purs & sans mêlange, on ne peut concevoir une idée assez distincte par cette opération de l'esprit qu'on appelle abstraction. Ainsi on peut concevoir l'eau sans terre, sans sel, sans air, &c: on peut concevoir l'air sans vapeurs, & sans les fumées qui s'y élévent, en le considérant seulement comme transparent & aiant une vertu de ressort: on peut concevoir l'huile sans l'eau ou la terre qui y est mêlée: on peut concevoir la terre comme ce qui reste des cendres après qu'on en a tiré le sel; & ainsi des autres principes.

Pourquoi l'on ne met pas le feu au nombre des principes des plantes.

Vous vous étonnerez peut-être, Monsieur, de ce que je ne fais pas entrer le feu dans la composition des plantes, puisque la plûpart des Philosophes, tant anciens que modernes, le mettent au nombre des élémens. Ma pensée est que le feu est composé des mêmes principes qui composent les matières enflammées. Ainsi un charbon allumé n'est différent d'un charbon éteint, que parce que quelques parties de son soufre, de son salpêtre, &c. sont fortement agitées, & que cette agitation leur donne la vertu de nous éclairer, & de nous échauffer. Ainsi la flamme d'une bougie n'est autre chose que de la fumée allumée, & cette fumée est composée des mêmes principes qui sont dans la cire. D'où il est évident, que le feu ne doit pas être pris pour un principe.

De l'air.

A l'égard de l'air, il y en a toûjours dans l'eau, & par conséquent il y en a dans le suc des plantes; ce qu'on reconnoît aisément dans les effervescences des liqueurs distillées.

SECON-

SECONDE PARTIE.

DE LA VÉGÉTATION DES PLANTES.

CEs différens principes des plantes étant assez bien établis par ce qui a été dit ci-devant ; il est tems, Monsieur, que je vous explique de quelle manière je conçois que les plantes s'en nourrissent, & comme se fait leur végétation.

De la première germination de la semence ; d'où elle procéde.

Je commencerai par la première germination de la semence, dont j'ai fait plusieurs observations. J'ai mis pendant l'Eté des féves blanches qu'on appelle phaséoles, tremper dans de l'eau par le bout le plus éloigné du petit germe qui est entre les deux lobes qui composent le corps de la féve. Ce petit germe est composé de deux ou trois feuilles très-petites, pliées l'une sur l'autre, qui sortent d'une petite tige dont l'extrémité finit en pointe. Au milieu de cette tige il y a deux petits canaux ou liens qui s'attachent aux deux lobes, & chacun d'eux fait le même office pour la nourriture de la plante, que les vaisseaux du nombril pour la nourriture des animaux : car ces lobes s'étant imbibés d'eau, comme fait une éponge, le petit germe la succe par ces petits canaux, & avec elle quelques particules de la matière de ces lobes ; & dans peu de jours les feuilles se développent, s'alongent, & s'élargissent, & la petite pointe qui doit s'étendre en racine, commence à descendre vers l'eau, quoiqu'au commencement elle soit quelquefois tournée en haut ; mais elle se courbe peu à peu pour y arriver. On voit la même chose dans les graines de courges, de concombres, de melons, &c. Et par conséquent le premier commencement de la végétation procéde de la semence imbibée d'eau. Même, j'ai remarqué que les petites feuilles entr'ouvrent en croissant les lobes de la féve, & s'étendent en longueur de plus d'un pouce, avec une couleur très-verte, avant que la racine qui demeure blanche, ait atteint l'eau : mais aussi-tôt que la pointe de la racine a gagné l'eau, elle la succe & la transmet, non seulement dans la tige & dans les feuilles, mais aussi dans les deux lobes par leurs petits canaux, & ces deux lobes croissent ensuite en longueur & en largeur ; & dans les graines de courges & de calbasses, ils croissent beaucoup & se changent en deux grandes feuilles vertes qui continuent à fournir à la plante par les mêmes petits canaux leur substance grasse & huileuse mêlée avec le suc qu'elles tirent de la racine, pour fortifier la petite plante qui ne reçoit pas encore de la terre seule un suc assez préparé. Ce corps de la semence est aussi analogue au jaune de l'œuf, qui sert long-tems de nourriture aux jeunes oiseaux, après même qu'ils sont éclos

Pour

Pour comprendre ces deux effets qui se font dans ces lobes, on peut les comparer à ce qu'on remarque dans le foie des animaux, où plusieurs vaisseaux capillaires aboutissent à divers troncs; les uns versent du sang dans le foie, & les autres le rapportent dans le tronc de la veine cave: ainsi il y a plusieurs vaisseaux capillaires dans les lobes des courges & des autres semences semblables, dont les uns distribuent dans ces lobes le suc qui vient de la racine, pour les faire grossir, & les autres portent de ces lobes le premier suc bien préparé à la plante, & continuent d'en porter jusques à ce que la plante soit bien fortifiée. Comment se font les effets qui se font dans les lobes.

Les pois & la plûpart des féves, les glands, les noïaux de pêches & d'abricots, ne jettent point au dehors le corps de leurs graines; mais il demeure dans la terre, & s'y mêle avec l'humidité qui s'y trouve, pour nourrir les jeunes plantes, jusqu'à ce qu'elles soient bien fortifiées. Mais la plûpart des petites herbes, aussi-bien que les courges & les melons, poussent au dehors de la terre les deux lobes en deux feuilles, & on voit ordinairement les enveloppes des lobes paroître à l'extrémité de ces feuilles.

On peut observer un semblable commencement de végétation dans les arbrisseaux qui viennent de bouture, comme la vigne, le sureau, les groseliers; car la branche que l'on coupe en forme de coin aux deux bouts, étant mise la moitié en terre; la mouelle qui est fort grosse à proportion de celle des autres arbrisseaux, s'imbibe comme une éponge, de l'eau de la pluie, ou de celle qui est dans la terre, & la transmet dans les petites fibres qui sont entre l'écorce & le bois, d'où elle est poussée en partie vers le bout d'en-bas pour produire des racines à l'extrémité de la petite pointe, & à l'entour des nœuds qui sont cachés en terre, & en partie vers les nœuds qui sont à l'air, pour faire enfler les boutons qui y sont, & les faire étendre en branches & en feuilles. Les canaux ou pores qui sont dans cette mouelle, ne s'étendent pas en longueur, selon la tige de l'arbre, mais ils sont distingués en plusieurs petites cellules ovales qui ont quelque ressemblance à l'ouvrage des mouches à miel; ce qui paroît quand la tige est fendue en longueur, & qu'on en regarde la moitié avec un microscope.

Or pour sçavoir de quelle maniére ces petits vaisseaux capillaires qui sont dans les graines, s'imbibent de ce suc, & comment les racines-mêmes reçoivent l'eau des pluies; il faut considérer ce qui arrive dans la végétation des animaux, qui apparemment doit avoir quelque rapport à celle des plantes. Manières dont les petits vaisseaux capillaires des graines s'imbibent du suc, & les racines reçoivent l'eau de la pluie.

On sçait que la matière qui nourrit les animaux, après avoir été préparée par l'estomac, passe dans les boïaux, où elle trouve de petits pores & conduits imperceptibles par où les plus subtiles parties de cette matière qu'on appelle chyle, passent & s'introduisent, & ces conduits sont apparemment disposés en sorte que ce qui y est entré, trouve des obstacles pour son retour; comme on en voit des exemples

dans plusieurs autres parties du corps, & même dans les veines, où il y a de petites peaux tendues, qu'on appelle valvules, qui sont disposées à laisser passer le sang qui va au cœur, mais qui s'opposent à son retour.

Or suivant cette analogie de la végétation des animaux & des plantes, il est vrai-semblable que l'eau de la pluie mêlée avec les autres principes qui composent les plantes, étant jointe & contigue à leurs racines, y trouve des pores imperceptibles par où elle s'insinue, & le retour en est empêché; ce qui fait que cette première séve est toûjours pressée dans les plantes. Elle a quelque rapport au chyle, & elle devient analogue au sang des veines à proportion qu'elle se mêle avec le suc mieux préparé qui y est déja, & qui est semblable à peu près à celui que le corps de la semence donne au commencement.

Loi de la nature par laquelle se fait cette insinuation de l'eau.

Cette première entrée de l'eau dans les racines se fait par une loi de la nature semblable au mouvement d'union dont j'ai parlé ailleurs; car par-tout où il y a des tuyaux très-étroits qui touchent l'eau, elle y entre, & même elle y monte contre sa pente naturelle de descendre.

Pour en faire l'expérience aïez un tuyau de verre très-étroit, & bien net: trempez l'une de ses extrémitez dans l'eau; elle y montera jusques à une hauteur considérable par-dessus son niveau: mettez un pain de sucre dans un peu d'eau par un des bouts; elle montera jusques au haut en peu de tems; mais elle ne monte point dans les tuyaux de verre s'ils sont frottés de suif, ou si par le tems ils ont pris un certain enduit comme du vernis où l'eau ne s'attache point: car il ne suffit pas que les pores soient disposés pour laisser entrer les parties subtiles des autres corps; il faut aussi qu'elles y soient poussées par quelque principe de mouvement. Mais quelle que puisse être la cause de cet effet que le vulgaire appelle attraction, il suffit qu'il est fort ordinaire, & que la Chymie en fournit beaucoup d'exemples.

Comment le suc se perfectionne & devient propre à nourrir les plantes.

Ce premier suc mal digéré n'est pas propre pour nourrir les principales parties des plantes; mais suivant l'analogie de la végétation des animaux, il doit se perfectionner en passant par des tuyaux de différentes structures, comme le sang se perfectionne en passant par les petits vaisseaux du poumon, par ceux du foie, par diverses glandes, &c.

Pour juger si ce rapport étoit véritable, j'ai soigneusement coupé en long & en travers, plusieurs tiges de plantes laiteuses, & de celles qui ont un suc jaune; & j'ai observé que toute l'humeur contenue dans ces plantes, n'étoit pas colorée, mais seulement celle qui étoit contenue dans de certains canaux que je compare aux artéres. J'ai considéré plusieurs fois la structure de ces petits canaux; & j'ai trouvé qu'ils ont chacun en leur milieu une petite fibre blanche, ligneuse, déliée, & qui peut se séparer en plusieurs filamens; qu'il y a une petite membrane à l'entour de ces petits canaux, qui les sépare du reste de la tige, & en fait comme un petit tuyau; & qu'entre chacune des fibres & la membrane

brane qui les enveloppe, il y a une matière ſpongieuſe adhérente à la membrane, & remplie du ſuc coloré; ce qu'on peut découvrir facilement par le moïen d'un verre convexe qui ſert à groſſir les objets: car les extrémitez de ces fibres étant coupées, elles paroiſſent blanches & diviſées en petits filamens, & on voit d'abord ſortir le ſuc coloré de pluſieurs endroits de cette matière ſpongieuſe, lorſqu'elle eſt entamée & rompue.

Le reſte de la tige eſt rempli d'une autre matière ſpongieuſe, pleine d'une humeur aqueuſe, inſipide, ſans couleur & d'une conſiſtence très-fluide; au lieu que la colorée eſt un peu épaiſſe & très-piquante en pluſieurs plantes. On voit une ſemblable ſtructure dans les feuilles de l'aloës, lorſqu'on en coupe une feuille en travers: car on remarque que le milieu qui a environ un pouce d'épaiſſeur, eſt d'une ſubſtance ſpongieuſe, compoſée d'un grand nombre de membranes confondues enſemble, & remplie d'une humeur aqueuſe, claire, & qui a fort peu d'amertume: on remarque auſſi que cette ſubſtance ſpongieuſe eſt couverte d'une écorce verte, dans l'épaiſſeur de laquelle il y a pluſieurs petits canaux noirâtres diſpoſés ſelon la longueur de la feuille, ſemblables à ceux des plantes laiteuſes. Ces canaux contiennent un ſuc viſqueux, jaunâtre & très-amer, qui en ſort abondamment au mois de Mai; mais dans la pulpe ou ſubſtance ſpongieuſe, il y a pluſieurs petits canaux blanchâtres, qui apparemment contiennent un autre ſuc, & qui jettent deçà & delà de petits rameaux, dont quelques-uns vont ſe joindre aux tuyaux qui portent le ſuc jaune & amer.

J'ai auſſi remarqué que beaucoup de groſſes plantes laiteuſes, comme la férule, ont ces petits canaux diſpoſés par des intervalles égaux depuis le centre de la tige juſques à la circonférence, & que la plûpart des autres plantes, comme le ſalſify, les tithymalles, l'éclaire, &c. en ont ſeulement deux ou trois rangs proche la circonférence de la tige. Ces canaux avec leurs fibres blanches, & leur matière ſpongieuſe remplie de ſuc coloré, ſe continuent de la tige aux branches, & juſques aux extrémitez des feuilles, où il s'en fait un tiſſu en forme de rets, qui forme cette nervure qui paroît dans les feuilles ſéches & même dans les vertes. Ils s'étendent auſſi juſques aux extrémitez des racines. L'angélique luiſante de Canada le fait voir diſtinctement; car dans le milieu de quelques-unes de ſes branches, qui ſont ordinairement creuſes, on en voit un ou deux qui ſont détachés du reſte, & qui tiennent ſeulement aux nœuds & aux angles des ramifications.

Il eſt aiſé de juger, que la liqueur contenue dans ces petits canaux eſt celle qui nourrit les principales parties de la plante, comme les fleurs, les fruits, les ſemences, &c. & qu'elle a du rapport au ſang des artéres; que celle qui eſt dans le reſte de la tige, a du rapport au ſang contenu dans les veines; & que les fibres qui ſont au milieu des petits canaux, ſervent à les tenir fermes, & à les empêcher de ſe plier ou de

ſe rompre ; car s'ils ſe plioient, le cours de la ſéve ſeroit interrompue : & l'on doit tenir auſſi pour aſſûré, que les plantes qui n'ont point de ſuc coloré, ne laiſſent pas d'avoir quelques canaux remplis d'une ſéve différente de celle qui eſt dans le reſte de la plante.

Or de même que dans l'extérieur des racines il y a des pores imperceptibles par où paſſe l'eau de la pluie, ces petits canaux analogues aux artéres ont en leur extérieur de petits pores imperceptibles par où paſſe la ſéve que j'ai comparée au ſang des veines après qu'elle a été préparée par la chaleur du ſoleil, & par la filtration qui s'en fait à travers la matière ſpongieuſe qui eſt dans le reſte de la plante. Le retour de cette ſéve eſt empêché, auſſi-bien que de celle qui entre dans les racines; d'où il arrive que la liqueur enfermée dans ces petits canaux eſt toûjours très-preſſée ; ce qui ſert à faire étendre les branches, les feuilles, & les racines. Cela ſe prouve par pluſieurs expériences.

Ce qui ſert à faire étendre les branches les feuilles & les racines.

Si on coupe tranſverſalement une plante laiteuſe, ou une de celles qui ont le ſuc jaune, on voit toûjours autant ou plus de ſuc coloré venir de la partie où ſont les feuilles, que de celle où eſt la racine, quand même on tiendroit la plante arrachée, la racine en haut avant que de la couper : & ſi on coupe l'extrémité de la racine, il en ſort auſſi-bien du ſuc coloré que des extrémitez des feuilles, ou des petites branches coupées ; ce qui fait voir manifeſtement que ce ſuc eſt beaucoup preſſé dans ces canaux, comme le ſang eſt preſſé dans les veines & dans les artéres ; & que cette compreſſion fait étendre les racines, de même que les branches & les feuilles ; & qu'enfin il n'y ſeroit pas ſi preſſé, ſi le ſuc n'y entroit par des pores diſpoſés à en empêcher le retour.

Que ſi l'on coupe dérechef le reſte de la tige environ un pouce au-deſſous de la première inciſion, on verra encore monter du ſuc coloré qui vient des racines, mais on n'en voit point ou fort peu dans la partie ſupérieure ; ce qui doit arriver s'il y a de petits pores dans les canaux par où le ſuc s'étend vers les racines, puiſqu'ils n'en reçoivent plus des feuilles & des branches : & par la même raiſon ſi on coupe un peu de la partie où ſont les feuilles, plus haut que la première inciſion, on ne doit point voir monter de ſuc ou fort peu de la petite partie ſéparée, mais il en doit toûjours deſcendre de celles où ſont les feuilles ; ce que j'ai trouvé conforme à l'expérience, particulièrement dans l'herbe appellée dent de lion, dans l'éclaire & dans les tithymalles : & il me ſouvient de vous avoir fait obſerver pluſieurs fois les mêmes choſes dans quelques-unes de ces plantes.

Conjecture ſur la circulation du ſuc.

On pourroit conjecturer, qu'après que le ſuc contenu dans les petits canaux fibreux, a nourri ſuffiſamment les parties de la plante, le ſurplus eſt repris par la matière ſpongieuſe de la plante, pour être réüni avec l'autre ſuc, & rentrer enſuite pluſieurs fois dans les petits canaux par une circulation continuelle : mais je n'oſe l'aſſûrer, & encore moins qu'il y ait des pores différens dont les uns portent le ſuc à la racine &

& les autres aux branches. Mais je tiens pour certain, que le ſuc aqueux paſſe dans les petits canaux, d'où il eſt pouſſé vers la racine & vers les feuilles après s'être mêlé avec l'autre, & avoir pris ſes mêmes diſpoſitions; comme le chyle, qui eſt blanc, en entrant dans la veine axillaire, devient peu à peu ſemblable au ſang & le répare. Je crois auſſi que la même choſe arrive dans les arbres; c'eſt-à-dire, qu'ils ont des canaux différens entre leur écorce & le bois, &c. & qu'ils ſe nourriſſent de même.

Le premier ſuc qui vient de dehors, n'entre pas ſeulement par la racine dans les plantes, mais auſſi par les feuilles & par les branches, & elles le reçoivent de la roſée ou de la pluie, ou des vapeurs dont l'air eſt toûjours rempli; ce que j'ai reconnu par les expériences ſuivantes. Par où le premier ſuc de dehors entre dans les plantes.

Si l'on coupe une petite branche d'arbre ou de quelque herbe, comme du perſil, cerfeuil, &c. où il y ait quelque branchette à côté, & qu'on trempe l'extrémité des feuilles dans de l'eau, laiſſant la tige avec la branchette ſur le bord du vaiſſeau où ſera l'eau; cette branchette ſe conſervera verte trois ou quatre jours, même en Eté; & ſi c'eſt du baume, qui eſt une eſpéce d'herbe odoriférante, elle ſe conſervera plus de quinze jours auſſi verte que celles du jardin, & croîtra un peu: au lieu que ſi on met d'autres herbes ou petites branches d'arbre ſemblables ſur le bord du vaiſſeau, ſans toucher à l'eau, elles ſe flétriront & ſécheront en peu de tems. Que ſi on prend de la ciboulette dont les jets viennent immédiatement de la bulbe de la racine, & qu'on trempe dans l'eau les jêts extérieurs qui ſont les plus longs par leurs extrémitez, laiſſant ceux du milieu & la bulbe ſans toucher à l'eau, ils ſe conſerveront plus de quinze jours très-verts, & j'en ai vû croître de la longueur de plus de quatre pouces en quatre ou cinq jours. Mais ſi aucun des jêts d'une autre ciboulette ſemblable ne trempe dans l'eau, ceux du milieu ne pourront tirer qu'un peu de ſuc de la bulbe de la racine, & par cette raiſon ils ne croîtront que fort peu, & les uns & les autres ſe flétriront dans trois ou quatre jours; ce qui fait connoître évidemment que les bouts des jets de la ciboulette qui trempent dans l'eau, la portent juſques à la bulbe de la racine, d'où elle eſt rapportée dans les jets du milieu; ce qui marque une eſpéce de circulation, & que les feuilles des autres herbes & des branches d'arbres portent l'eau qu'elles touchent dans les canaux de leurs tiges, d'où elle ſe communique aux racines & aux autres branches ſi elles en ont beſoin.

Pour confirmer cette opinion du retour de la ſéve vers les racines des arbres, j'ai fait faire l'expérience ſuivante: Confirmation de l'opinion du retour de la ſéve vers la racine.

Dans une rangée de charmes fort hauts, dont quelques-uns joignoient enſemble leurs écorces, on en choiſit deux, dont les tiges étoient de la groſſeur du bras; on ſcia la tige de l'un environ à un pied & demi au-deſſous de l'union des écorces: & pour empêcher que la ſéve montant de la racine, ne fît rejoindre les parties coupées, on mit

une petite pierre platte entre-deux: ce fut au commencement du mois de Février que se fit cette opération. Au Printems suivant, les branches latérales qui étoient au-dessous de la jonction des tiges, pousserent de petits jets, & des feuilles, aussi-bien que celles qui étoient au-dessus, particulierement une de la grosseur du pouce, laquelle étoit à un demi pied au-dessus de l'incision, & environ un pied & demi au-dessous de la jonction des écorces. Elle poussa aussi de nouveaux jets & de nouvelles feuilles à la séve d'Août & à la séve du Printems suivant, de même que si elle eût encore reçû de la nourriture de sa racine; ce qui ne se peut expliquer qu'en supposant que la séve qui montoit de l'autre arbre, passoit dans l'écorce de celui qui étoit coupé, & y étant pressée descendoit jusques au bas de la tige coupée, d'où elle réfluoit dans les branches latérales. Vous avez vû, Monsieur, le succès de cette expérience, aussi-bien que moi, & vous avez bien voulu prendre le soin qu'elle se fît avec exactitude.

J'ai observé aussi plusieurs fois que, si on couvre avec une cloche de verre bien clair de jeunes plants de melons qu'on éleve sur une couche de fumier chaud, on voit lorsque le soleil est fort ardent, des goutes de rosée attachées aux extrémitez des feuilles qui demeurent très-vertes & fermes: mais, si on léve la cloche, il ne s'y attache plus de rosée, & les feuilles se flétrissent un peu, quoiqu'elles ne soient pas plus échauffées qu'auparavant, à cause qu'elles n'ont plus les vapeurs chaudes du fumier, & que le vent les rafraîchit; ce qui est une preuve qu'elles suçoient auparavant cette rosée, & qu'elle passoit dans leurs petits canaux, pour les nourrir, le suc attiré par la racine n'étant pas alors suffisant pour les empêcher de se flétrir.

Que si l'on trempe dans l'eau une plante d'éclaire coupée près de terre, par le bout où sont les feuilles, & une autre coupée de même par le bout coupé; on verra, cinq ou six heures après, sortir une grande abondance de suc jaune des canaux fibreux de celle dont les feuilles touchoient l'eau, après qu'on aura coupé la tige au-dessous des feuilles: mais ce suc sera peu coloré; au lieu que celui de l'autre, dont le bout coupé trempoit dans l'eau, sera beaucoup coloré & en petite quantité, si on la coupe de même; ce qui ne pourroit arriver, si les feuilles qui touchent l'eau, n'en prenoient pour la porter dans les canaux où est le suc jaune, & si elles n'en prenoient davantage que le bout de la tige qui trempe aussi dans l'eau.

Néceſſité de la rosée pour les plantes, surtout dans les pais chauds.

On peut connoître par ces expériences la nécessité de la rosée, principalement dans les païs chauds, comme l'*Egypte*, où il pleut rarement, & où la terre qui touche les racines des plantes, demeure souvent fort séche; car en recompense il y tombe de grandes rosées en Eté, dont les goutes succées par les feuilles, & par les tiges des herbes, servent à les entretenir jusques à ce qu'il vienne de la pluie. Aussi voit-on sur la plûpart des plantes de petites pointes ou filamens qui les font paroître

tre velues, & qui sont apparemment autant de petits tuyaux pour succer la rosée & la pluie: car les herbes aquatiques, comme le cresson, la berle, le potamogeton, le nenuphar ou lys d'eau, &c, ont leurs tiges & leurs feuilles polies & luisantes, & n'ont point de ces petites pointes; aussi n'en ont-elles pas besoin, à cause que leurs racines sont toûjours dans l'eau. L'oseille n'a point aussi de ces petits filamens extérieurs, parce que la racine entre profondément dans la terre, où elle trouve assez d'humidité:

Il ne suffit pas qu'il y ait de la séve suffisamment pour nourrir les plantes, mais elles ont besoin d'être éclairées immédiatement par le soleil, comme on le reconnoît par cette expérience. *La clarté du soleil nécessaire pour la nourriture des plantes.*

Couvrez avec un verre clair & étroit de la terre, où il y ait du pourpier & des laituës semées; elles s'ouvriront en sortant de la terre, si le soleil luit sur le verre, & croîtront aussi-bien ou mieux que si elles étoient à l'air libre. Mais si vous mettez un pot plein de terre, où il y ait de ces graines semées, auprès d'un poële ou dans un autre lieu fort chaud, dans une grande chambre très-éclairée; ces graines s'éléveront en des filamens très-déliés, de trois ou quatre pouces de hauteur, avec deux feuilles au-dessus très-petites, qui ne s'élargissent point, & dans peu de tems elles périront, comme font aussi celles qui sont couvertes d'une cloche de terre au soleil; d'où il s'ensuit que ce n'est pas par le défaut d'air qu'elles périssent, mais par le défaut de la lumière immédiate du soleil. On pourroit expérimenter si en mettant ce même pot à une certaine distance d'une grande flamme dans un lieu fermé, ces graines ne profiteroient pas mieux qu'à une chaleur sans lumière.

Pour sçavoir comment se fait la maturité des fruits & des semences dans les plantes, il faut remarquer & considérer beaucoup de choses. Voici la manière qui me paroît la plus facile à être expliquée. *Comment se fait la maturité des fruits & des semences.*

Les racines des plantes & leurs feuilles succent beaucoup d'eau, & cette eau contient fort peu des autres principes des plantes; & parce que l'eau s'évapore facilement, & les autres principes difficilement, ils demeurent engagées dans les pores & dans les fibres des plantes, & s'y mêlent & unissent diversement selon la disposition particulière de chaque plante.

Il s'évapore beaucoup d'eau chaque jour, principalement quand le tems est chaud. Car un jet de vigne d'un pied de longueur en laisse évaporer par jour plus de deux ou trois cueillerées; ce qu'on peut reconnoître lorsque les vignes gélent au mois de Mai; car deux heures après que le soleil est levé, leurs jets sont noirs & secs: d'où il s'ensuit qu'en deux heures le soleil en fait évoporer toute l'eau, & qu'en douze heures il s'en dissiperoit six fois autant. Mais quoiqu'il se perde beaucoup de ce suc aqueux, il en revient assez pour entretenir les plantes & y porter toûjours un peu des principes actifs jusques à ce qu'en-

qu'enfin il y en ait assez pour faire la dureté & la solidité des branches, & que le suc des fruits soit propre pour la nourriture des animaux; & s'il y a encore trop d'eau après que le fruit est cueilli; ce trop se dissipe en peu de tems, & le fruit demeure en sa parfaite maturité, quoiqu'il y reste beaucoup d'eau.

Les plantes qui ne durent qu'un an, comme le fenouil, les pavôts, &c. deviennent à la fin très-dures, & les pores par où entre l'eau extérieure, se ferment, & le soleil continuant à les dessécher, il y demeure beaucoup de parties terrestres, salines & huileuses, parfaitement mêlées avec quelques parties d'eau qui y sont retenues & engagées, & qui s'en échappent difficilement.

La même chose arrive aux graines & semences; car à la fin elles deviennent grasses & huileuses, parce que le suc aqueux qui s'évapore presque entièrement chaque jour par la chaleur du soleil, n'enléve point avec soi le peu de matière grasse qu'il y porte, & par ce moïen il s'y en amasse jusques à leur parfaite maturité.

A quoi servent les graines, &c.

Les graines des petites plantes, & ce qui est contenu dans les noïaux & dans les pepins des fruits des plus grandes, servent non seulement à la nourriture des animaux, mais aussi à faire renaître de nouvelles plantes: & c'est en ce point où paroît visiblement une œconomie & une providence admirable dans la nature; car ces différentes espéces de plantes ont quelque chose de particulier dans leurs graines & semences, pour les faire disperser en divers endroits, afin qu'il s'y en éléve de semblables.

Les unes ont de la bourre attachée au-dessus de la graine, comme les chardons & la scorsonére, & lorsque la graine est meure, le vent l'emporte & la seme par-tout, & elle retombe debout, parce que la bourre est plus légére que le corps de la semence. Quelques-unes ont des accrocs, comme la grande bardane, & l'agrimoine, afin que s'attachant aux habits des hommes, & aux poils & à la laine des animaux paissans, elles soient portées ailleurs.

L'alleluia, qui est une espéce de trefle aigret, & la fraxinelle, viennent dans les bois où il ne fait point de vent, & par cette raison leurs graines auroient inutilement de la bourre; elles n'ont point aussi d'accrocs, mais elles sont contenues dans des gousses, lesquelles étant meures se crévent par la chaleur, & les poussent par cet effet à dix ou douze pieds à la ronde. Le concombre sauvage fait la même chose; d'où on lui a donné le nom d'elaterium. La raiponce, qui vient ordinairement sous la mousse, a la graine très-menue: car si elle étoit grosse, ou si elle avoit de la bourre, elle ne pourroit passer au travers de la mousse pour germer; mais elle y passe facilement par sa petitesse à la première pluie

Les fraisiers jettent de longs bras où il y a une feuille au bout, qui touchant la terre prend racine. Le cardaminé ou cresson sauvage fait la

la même choſe. Et Monſieur *Marchand* m'a fait voir au Jardin Roïal une eſpéce de trefle, qui recourbe ſa fleur lorſqu'elle commence à ſécher, & la pouſſe en terre, afin que la graine s'y forme, & qu'elle ſe plante ſoi-même par ce moïen.

Il y a encore entre les plantes d'autres manières de ſe ſemer & d'occuper le terrain vuide; & même quelques-uns ont écrit que les cendres des plantes pouvoient ſervir de ſemences pour produire les mêmes plantes.

Qu'eſt ce qui donne à chaque plante ſa forme ?

Vous demanderez peut-être ici, Monſieur, quelle eſt cette vertu dans chaque plante, qui leur fait pouſſer leurs feuilles ſelon une certaine figure & groſſeur, & qui diſpoſe leur ſemence d'une manière propre pour produire d'autres plantes ſemblables: d'où peut procéder, par exemple, que la plûpart des petits arbriſſeaux ont des pointes fort piquantes pour ſe défendre des hommes & des bêtes qui les romproient, comme le roſier, le prunier ſauvage, le houx, l'épine blanche, &c. & qu'il y a fort peu de grands arbres qui en aient; que les plantes à qui le trop grand ſoleil eſt nuiſible, ont des feuilles très-larges pour couvrir leurs fruits; que celles qui ſont rampantes, ont de petits liens pour s'accrocher; que les noïaux des fruits qui contiennent la ſemence, ſont fort durs, afin de la mieux conſerver, &c.?

Non ce qu'on appelle l'ame végétative:

Quelques Philoſophes appellent cette vertu ou principe, l'ame végétative des plantes, ou leur forme ſubſtantielle. Mais ils ne nous rendent pas plus ſçavans, puiſqu'ils ne nous expliquent pas ce que c'eſt que cette ame, ni d'où elle procéde; ſi elle eſt matérielle ou non; ſi elle eſt repandue dans toute la plante, ou en quelque petite partie; ſi elle eſt inhérente à la plante, ou non.

Ni la configuration des parties de la ſemence, &c: Ni les parties de la plante, toutes contenues en petit dans la ſemence; 1. Parce qu'elle ne contient que les principales parties des plantes;

Quelques autres diſent, qu'il ſuffit qu'il y ait dans la ſemence une certaine configuration de petites parties, & quelque diſpoſition particulière de fibres & de pores, par où la ſéve ſe puiſſe filtrer différemment, pour produire toutes les diverſitez, que nous y remarquons.

Il y en a pluſieurs qui ſoûtiennent que la ſemence de chaque plante a déja dans ſoi en petit toutes les parties qu'elle doit pouſſer enſuite, & qu'en croiſſant elle ne fait que le développer & les étendre, & que non ſeulement elle a les ſiennes propres, mais auſſi celles de toutes les autres qui en doivent être produites pendant toute la durée du monde. Mais peut-on croire qu'une graine de melon, par exemple, ait dans ſon petit germe, ſes feuilles, ſes fruits, les autres graines qui viendront dans les germes de chacune de ces graines, & tout ce que doivent produire ces germes à l'infini? Il me ſemble qu'il eſt plus vrai-ſemblable que les graines contiennent ſeulement les parties principales des plantes, & que les autres ſe font ſucceſſivement par les diſpoſitions que les premières donnent à la ſéve. On peut bien voir dans les oignons des tulipes dès le mois de Janvier, avec une loupe ou verre convexe, quelques-unes de leurs parties en petit, comme les ſix feuilles de la fleur,

la tige, le pistil qui doit porter la graine, & les petits filets qui l'accompagnent : mais on n'y peut pas voir, même avec les meilleurs microscopes, les graines ni les tulipes qui viendront de ces graines, ou des oignons nouveaux. Voici à peu près ce que j'en ai pu remarquer. L'oignon étant mis en terre pousse à côté un nouvel oignon, qui au mois d'Avril n'est pas plus gros qu'une lentille : il croît ensuite en même tems que la fleur, & on y voit plusieurs enveloppes ; mais si on le prend lorsqu'il est encore petit, on n'y remarque aucune apparence des parties de la fleur, ni du nouvel oignon qu'il doit produire l'année suivante : enfin, lorsque la fleur est passée, & que la graine est toute formée, l'oignon nouveau a aussi toute sa grosseur à peu près, & vers le commencement de Juin on commence à y voir quelques petites feuilles qui paroissent un peu, mais on a beaucoup de peine à les discerner, même avec le microscope ; ce qui marque que cela s'est produit peu à peu par la disposition de la racine qui a filtré ce premier petit principe de la plante qui doit pousser l'année suivante. Il y a même de ces oignons qui ne jettent qu'une ou deux feuilles & point de fleur ; mais ils jettent en terre, deux, trois, ou quatre tuyaux de trois ou quatre pouces de longueur, à l'extrémité desquels se forment des oignons nouveaux qui produisent des tulipes l'année suivante ; & c'est la raison pourquoi celles qu'on appelle des tulipes de Perse se perdent : car les tuyaux qu'elles jettent tous les ans, sont fort longs, & entrent enfin si profondément dans la terre, que les oignons ne peuvent plus jetter de fleurs au dehors, & si elles poussent ces tuyaux à côté, il peut arriver que dans cinq ou six ans les oignons nouveaux seront portés bien loin des endroits où l'on a planté les premiers, & qu'ils pourront même passer dans les jardins voisins.

2. Parce que toutes les plantes ne viennent pas de graines ;

D'ailleurs, toutes les plantes ne viennent pas de graines, & beaucoup de plantes sortent de terre sans être semées.

J'ai vû dans un étang mis à sec la terre commencer à se couvrir d'une herbe menue, qui ne dura que deux ou trois ans ; l'humidité de la terre étant disposée à cette production. Ensuite il en vint d'autres, & par-tout où l'on faisoit des fossez, le rejet des terres produisoit du sénevé, ou graine de moûtarde, & il n'y avoit aucune raison de croire, ou même de douter qu'il y eût eu du sénevé caché au fond de la terre, où l'eau avoit été cinq ou six ans de suite.

On peut donc conjecturer qu'il y a dans l'air, dans l'eau & dans la terre, une infinité de corpuscules faits de telle sorte, que deux ou trois s'accrochans peuvent donner le commencement à une plante, & lui servir de semence, s'ils trouvent la terre disposée à son accroissement. Mais il n'est pas croïable que ce petit composé de corpuscules contienne toutes les branches de cette plante, ses feuilles, ses fruits, & ses graines ; & encore moins que dans ces graines soient contenues en petit toutes les branches, feuilles, fleurs, &c. des plantes qui se produiront à l'infini ensuite de cette première germination. Je me suis confirmé dans

dans cette opinion, & même que toutes ces choſes n'étoient pas contenues dans les ſemences, par cette expérience.

J'ai coupé, vers la fin du mois d'Août, les branches d'un roſier commun & toutes ſes feuilles, ne laiſſant que les petits nœuds qui devoient produire des roſes au Printems ſuivant. Mais quoique ces nœuds pouſſaſſent des branches & des feuilles au mois de Septembre, ils ne pouſſèrent aucune fleur. D'où il eſt aiſé de conclure, que toutes les parties d'une plante ne ſont pas toûjours contenues en petit dans leur ſemence, puiſque les roſes de l'année prochaine ne ſont pas encore en Automne dans les nœuds des branches qui les doivent pouſſer, & qu'il faut que les petits principes propres à les produire s'y amaſſent peu à peu pendant l'Hiver & au commencement du Printems. 3. Parce que cela eſt contre l'expérience:

D'ailleurs, les pepins des pommes & des poires produiſent des arbres qui portent des fruits qui ne ſe reſſemblent point, & les graines d'un même melon produiſent des plants de melon dont chacun a ſes fruits différens de ceux des autres, quoique ceux de chaque plants ſoient ſemblables; & on m'a aſſûré, que les pepins des pommes & des poires produiſent des arbres qui portent des fruits qui ne reſſemblent point à ceux dont les pepins ſont venus. Or, ſi les pepins avoient en petit tous les pepins à l'infini, les derniers ſeroient apparemment de même nature, & ne produiroient pas des fruits différens. On peut auſſi remarquer qu'une branche qu'on greffe, eſt ordinairement trois ans avant que de produire des boutons à fleur. D'où il s'enſuit que les pores & les fibres de l'arbre ſe diſpoſent peu à peu pour filtrer & joindre enſemble les principes du fruit & de la fleur, & que les premiers nœuds n'ont point encore ces principes, puiſqu'ils ne pouſſent que des branches & des feuilles. Il eſt donc vrai-ſemblable que les principales parties de la germination des plantes ſont contenues dans leurs ſemences, & qu'elles ſont diſpoſées à former des fibres & des pores propres à la filtration & à l'union de certains principes qui y paſſent comme par des filières ou des moules; d'où ſe forment enſuite les autres parties, ſçavoir les fruits, les ſemences, & les commencemens de la ſeconde germination. Mais les principales parties des plantes contenues dans la ſemence & diſpoſées &c.

C'eſt auſſi cette première ſtructure qui diſpoſe les premiers principes des plantes pour y produire leurs qualitez & leurs vertus différentes. Mais il eſt très-difficile de déterminer quelles ſont les ſéparations, les filtrations, les mêlanges & les unions exactes de ces principes, quels ſont les pores par où ils ſe filtrent, & quelles ſont les manières de leurs filtrations; parce que ces choſes ne tombent point ſous les ſens, & qu'on n'a aucun fondement probable pour appuïer les conjectures qu'on en voudroit tirer: c'eſt pourquoi cette dernière partie de la nature des plantes me ſemble la plus difficile.

Pour la mieux éclaircir, j'examinerai premièrement quelles ſont les cauſes des différentes vertus & qualitez des plantes; & enſuite ſi on peut les connoître par la Chymie ou autrement, ſans en avoir fait l'expérience.

TROISIÈME PARTIE.

DES CAUSES DES VERTUS DES PLANTES.

Des qualitez vénéneuses.

LES qualitez nuisibles & vénéneuses sont plus apparentes & plus connues que les salutaires & nourrissantes, mais les causes n'en sont pas moins obscures. Quelques Médecins prétendent que le chaud & le froid, le sec & l'humide, sont les causes des vertus différentes des plantes, selon qu'elles participent plus ou moins de ces qualitez. Mais cette hypothèse est trop grossière pour être reçûe, puisqu'il s'ensuivroit que l'eau, qui selon cette Philosophie est le premier froid, seroit un poison, de même que la terre par son extrême sécheresse; ce qui est contre l'expérience.

Causes de ces qualitez vénéneuses.

Il y a trois choses qu'on peut conjecturer être les causes des qualitez vénéneuses qui sont dans quelques plantes. La première, que ces plantes ont quelques principes particuliers & inconnus que les autres plantes n'ont pas, & que ces principes n'entrant pas dans la composition de certains animaux, les font mourir, de la même sorte qu'une goute d'eau étant versée près de la méche d'une chandelle allumée, cette eau y est attirée, laquelle ne pouvant se convertir en flamme, il se fait une discontinuation & interruption de la flamme de la chandelle, d'où il arrive qu'en peu de tems la chandelle s'éteint. La deuxième, que dans les plantes il se fait une séparation de quelques-uns des principes les plus simples, semblable à celle que fait le feu dans le salpêtre & dans le vitriol, lorsqu'il en sépare les esprits ou eaux fortes; & ces principes séparés peuvent faire dans l'estomac des effets à peu près semblables à ceux que font ces esprits acides tirés par la force du feu. Ou enfin, que les plantes font des unions exactes de quelques-uns de ces principes, que l'estomac des animaux ne peut plus desunir pour faire d'autres unions propres à leur nourriture; ce qui peut donner une qualité nuisible.

Véritables causes prouvées par raisons fondées sur des expériences.

Or si l'on peut prouver ces deux dernières façons, il n'est pas nécessaire de recevoir la première; car c'est une mauvaise méthode en Physique de supposer des causes qu'on n'apperçoit point, quand on en connoît d'autres qui peuvent suffire. Il paroît même impossible qu'il y ait de ces principes particuliers en quelques plantes; car celles qui sont vénimeuses, comme la ciguë & l'aconit, trouvent leur poison dans la même terre, dans laquelle la canne de sucre trouve sa douceur, & quelques autres plantes, leurs bonnes qualitez. Or, puisque les plantes prennent indiféremment tout ce qui est dissous dans l'eau qui touche leurs racines, il s'ensuit qu'il ne peut pas y avoir des principes qu'u-

ne

ne plante attire & que les autres n'attirent pas. Vous pourrez connoître que les plantes succent ce qui leur est nuisible aussi-bien que ce qui leur est propre, si vous faites verser de l'urine au pied d'une laituë, ou d'un chou; car ils se flétriront dans deux ou trois heures, principalement s'il fait chaud.

Il reste donc que ce soit les séparations ou les unions plus ou moins exactes des principes, & leurs différentes proportions produites par les filtrations & divisions différentes à travers les pores de diverses structures, qui donnent des qualitez différentes aux plantes; & il est aisé de prouver que ces choses sont suffisantes pour cet effet, & qu'il faut fort peu de changement dans la composition & union des principes, pour faire des composés très-différens. Je sçai plusieurs expériences sur lesquelles on peut fonder cette hypothèse. J'ai choisi celles qui suivent, dont la plûpart sont fort communes, & dont vous pourrez tirer facilement les inductions nécessaires pour en être persuadé.

Les pierres à feu ont une enveloppe grossière qui sert de filtre pour séparer l'inflammable, de l'humidité aqueuse, qui empêche le feu. Les diamans & les autres pierres précieuses ont aussi quelques enveloppes pour filtrer leurs parties les plus pures & transparentes. Les métaux se forment à peu près de même; & par cette raison les plantes peuvent avoir des vertus différentes, par les seules différentes filtrations de leurs principes communs.

Si on laisse échauffer le vin nouveau tout seul, il perd en peu de tems toute sa douceur, principalement si on laisse les tonneaux ouverts: mais si on le fait bouillir sur le feu incontinent après que les raisins sont pressés; la plûpart des principes volatiles de la douceur se concentrent & se lient avec les parties les plus fixes du vin, en sorte que cette douceur se conserve plusieurs années. J'ai éprouvé qu'aiant empli deux bouteilles égales de vin nouveau non encore rougi, & aiant fermé l'une exactement, & laissé l'autre ouverte; le vin de cette dernière, après avoir jetté son écume pendant sept ou huit jours, se trouva trouble & sans aucune douceur, & celui de la première se trouva clair & limpide comme de l'eau de fontaine & très-doux; ce qui procédoit apparemment de ce que celui qui n'étoit point fermé, avoit laissé agiter & élever les parties volatiles, dont l'union avec quelques autres principes fait la douceur, & qu'en même tems cette agitation avoit empêché les parties grossières de tomber en lie au fond: au lieu que dans la bouteille scellée, ces mêmes esprits volatiles étoient demeurés sans mouvement considérable; ce qui avoit produit ces deux effets, de laisser tomber au fond la lie, & de conserver la douceur; & ces différences si grandes, dans une même sorte de vin, procédoient seulement de ce que l'un avoit été bien scellé, & l'autre non.

Lorsque le vin est fait, il conserve fort long-tems sa bonté, si les tonneaux sont bien fermés; mais si on en laisse dans un verre à l'air, il

s'aigrit en peu d'heures, quoiqu'il ne diminue pas sensiblement de quantité. Or les qualitez du vin & du vinaigre sont fort différentes : le vin est plus léger que l'eau, le vinaigre est plus pesant; le vin est fort nourrissant, le vinaigre maigrit & desséche; le vinaigre dissout des corps que le vin ne dissout pas; & toutes ces différentes qualitez dépendent seulement de quelques légéres & insensibles séparations de ce qui étoit auparavant uni.

Les cormes sont âpres un jour auparavant que d'être molles; & étant molles, elles sont douces & bonnes à manger, quoiqu'elles n'aient pas diminué sensiblement de poids.

Si les pointes de l'ortie n'étoient pas visibles, quelques-uns pourroient attribuer les petites enflures qu'elle excite avec douleur par son attouchement, à quelque qualité occulte, ou à quelque principe particulier qui ne seroit pas dans les autres plantes; & cependant ces pointes ne sont vrai-semblablement qu'un tissu des mêmes principes qui composent le reste de l'ortie. Les piquûres de l'épine blanche sont souvent très-difficiles à guérir. On peut croire que cela ne procéde pas d'un principe vénéneux, mais de ce que ses pointes sont très-aigues, & assez fermes pour blesser les tendons & les nerfs; ce que celles de l'épine noire & des autres plantes ne peuvent faire que très-rarement. C'est par la même raison que les blessures des aiguilles sont plus dangereuses que celles des épingles. D'où l'on peut juger, que l'acrimonie, l'acidité, l'amertume, la douceur, &c. ne procédent pas de différens principes, mais de leurs mêlanges ou unions plus ou moins exactes, ou des structures particulières, & des configurations différentes que reçoivent leurs petites parties.

Si on mêle exactement une certaine quantité de charbon, de salpêtre, & de soufre; le composé, qui est ce qu'on appelle la poudre à canon, produit des effets admirables & de très-grande force dans les mines, dans les canons & dans plusieurs feux d'artifice: mais si on mêle négligemment ces matières, ou si la dose de chacune n'est pas dans la proportion nécessaire; elles ne font aucun effet considérable.

J'ai vû de l'eau qu'on disoit avoir été apportée d'une fontaine près du *Rhin* au-dessus de *Cologne*, qui avoit le goût vineux, & étant mêlée dans du vin, le rendoit plus fort; mais si on la laissoit un peu éventer, elle perdoit presque toute sa saveur & sa force sans qu'elle parût diminuée de poids.

Les mouches à miel trouvent le miel au fond des fleurs; & on le peut croire facilement, puisque, lorsque nous suçons le fond de certaines fleurs, comme de l'ormin, de l'ancolie, des trefles, du jasmin, &c. nous y trouvons une liqueur douce qui s'y est filtrée & amassée. Mais si on laisse éventer l'hydromel, qui est une liqueur composée d'eau & de miel, il devient très-acide; parce que le tempérament des principes qui font la douceur, se change, & qu'il s'en sépare quelques-uns par l'évaporation.

La

La racine, appellée manioque dans les Isles *Antilles*, a son suc vénimeux: mais si on fait sortir une partie de ce suc en le pressant, & qu'on cuise le reste; le pain qu'on en fait, qu'on appelle cassave, est bon & nourrissant.

Il suit de ces expériences, qu'on ne doit point attribuer à quelque principe particulier, ce qui fait le poison, ou la faculté purgative, &c. dans une plante, mais seulement aux différentes unions & séparations de quelques parties des principes communs à toutes les plantes.

On peut aussi juger que ces unions & séparations différentes procédent de la structure intime de chaque espéce de plante, c'est-à-dire, de l'arrangement de plusieurs petits tuyaux, de plusieurs petits cribles, &c. diversement figurés & disposés selon une manière propre à produire tous les effets qui en doivent suivre.

D'où procédent ces causes.

Cette hypothèse étant reçûe comme la plus probable, il reste à examiner sur quelles conjectures on peut se fonder, pour juger à quoi une plante est utile ou nuisible.

Par où l'on peut juger à quoi une plante est utile ou nuisible: sçavoir, par les expériences & non par l'inspection de sa construction: Ni par leur couleur:

Ma pensée est qu'il n'y a que les seules observations & expériences plusieurs fois réïtérées, qui nous en puissent instruire, & j'en fais la preuve en cette manière:

Il est impossible ou très-difficile d'appercevoir, même avec les meilleurs microscopes, les différences des petits pores des plantes, & les filtrations internes de leurs sucs: & quand on y pourroit distinguer quelque chose; il seroit encore très-difficile de deviner les proprietez particulières qui devroient être produites par ces différences.

Les couleurs des fleurs, des fruits, &c. ne peuvent donner aucun indice certain de ces proprietez. Car les fleurs du nappel & de l'aconit sont bleues, aussi-bien que celles de la buglose & de la chicorée. Il y a des pommes & des poires qui sont d'un mauvais goût, quoiqu'elles aient des couleurs très-vives & très-belles. Il y a des fruits vénimeux qui ont leurs couleurs semblables à celles des cerises, ou des abricots; & quoique les tithymalles aient leur suc blanc aussi-bien que les laituës, il y a pourtant de très-grandes différences entre leurs proprietez.

Les indices qu'on pourroit tirer des odeurs, sont encore très-incertains. Il y a des espéces de champignons qui plaisent à l'odorat, & ne laissent pas d'être vénimeux. Les pommes de Mandragore ont une odeur assez agréable, quoiqu'elles aient des qualitez très-nuisibles. Entre plusieurs melons qui ont une odeur également agréable, il y en a qui sont d'un goût excellent, & d'autres qui sont fades & insipides. Le romarin, le myrte, la lavande, l'absinthe, &c. qui ont les feuilles odoriférantes, poussent au commencement des distillations une huile que les Chymistes appellent essentielle; d'où l'on peut conjecturer que leur odeur procéde de leurs parties huileuses & inflammables: mais les fleurs odoriférantes, comme la rose, la jonquille, & l'œillet, ne s'accordent pas à cette hypothèse, car elles ne donnent point d'huile essen-

Ni par leur odeur:

essentielle. Si l'on froisse entre les doigts les feuilles de la mélisse, elles deviennent plus odoriférantes, comme si leurs parties huileuses & sulfurées, qui sont moins volatiles que les vapeurs aqueuses, avoient besoin d'être échauffées pour faciliter leur évaporation: mais les feuilles d'une rose étant froissées perdent leur odeur. Le bec-de-gruë musqué ne sent rien qu'après le soleil couché, & il est difficile d'en donner d'autre raison, sinon que son odeur est produite par quelques petites parties fort subtiles & légéres qui s'élévent toutes seules sans mêlanges de vapeurs aqueuses, quand la plante n'est pas échauffée. Les feuilles de myrte & d'absinthe poussent des esprits armoniaques au commencement de la distillation: la plûpart des fleurs odoriférantes ne poussent alors que des esprits acides. L'encens brûlé est d'agréable odeur: les roses brûlées & le vin jetté dans le feu, donnent des vapeurs puantes.

De ces expériences il est facile de conclure que les bonnes ou mauvaises odeurs procédent quelquefois du mêlange de deux ou trois principes particuliers, & d'autrefois du mêlange de deux ou trois autres; mais que ces différentes combinaisons ne peuvent être bien connues, & que quand elles le seroient, elles ne feroient pas connoître les unions ou séparations des autres principes qui font les principales vertus des plantes.

Ni par les saveurs:

Les saveurs nous peuvent encore facilement tromper. Entre les herbes améres, quelques-unes sont vénimeuses; d'autres sont salutaires. Il y en a d'également insipides qui ont des qualitez très-différentes; & l'on ne peut même dire certainement, quels principes font les saveurs, ni par conséquent on ne peut fonder sur le goût une connoissance certaine des vertus particulières des plantes, & de leurs différentes propriétez.

Ni par les opérations de la Chymie.

Elles ne peuvent non plus être connues par les opérations de la Chymie; car on trouvera beaucoup de plantes nourrissantes qui donnent dans leurs distillations, des sels, des huiles, des esprits, &c. semblables pour le goût, pour l'odeur, & pour d'autres effets, à celles que donnent la ciguë & les tithymalles.

L'arum qui prend au gosier, & l'hydropiper qui est si piquant sur la langue, donnent des sels fixes, des sels volatiles, des esprits acides & des huiles à peu près semblables à celles que donnent la laituë & le pourpier, qui sont presque insipides. Le vin & l'yvraie enivrent; le blé ne le fait point, ni le sucre, quoiqu'on puisse tirer de l'esprit ardent de ces matières, aussi-bien que du vin & de l'yvraie.

Dira-t-on que les plantes qui abondent en esprit léger & armoniac, échaufferont, & que celles qui ont beaucoup d'esprit acide, rafraîchiront? Que celles dont le sel fixe ressemble au sel commun parce qu'il ne trouble pas le sublimé dissous, auront d'autres vertus que celles dont le sel ressemble à celui qu'on tire des lies de vin brûlées, qu'on appelle sel de tartre? Mais toutes ces conjectures sont trompeuses. Les chicorées, les

les laituës, & plusieurs autres herbes qui rafraîchissent, ne font paroître aucun esprit acide, mais beaucoup d'esprit léger ou armoniac. L'ortie fait la même chose, quoiqu'elle soit apparemment bien différente des laituës & des chicorées.

Les plantes naissantes ne donnent point ou très-peu d'esprit acide, & elles en donnent beaucoup d'armoniac, même au commencement de la distillation; mais étant meures & prêtes à sécher, elles donnent beaucoup d'esprit acide & peu d'armoniac, sinon sur la fin de la distillation: & cependant on ne fait pas ordinairement de distinction entre les vertus qu'elles ont étant jeunes, & celles qu'elles ont étant adultes.

L'extrait de noix de galle mêlé, avec des œufs dans un plat, les coagule & les fait paroître cuits: l'esprit de vin fait la même chose; & ces matières les cuisent aussi promptement, que si on mettoit le plat sur un assez grand feu. Le sel armoniac & le sel de tartre font des effets contraires à ceux de la noix de galle, & de l'esprit de vin; car ils empêchent le sang de se coaguler, lorsqu'étant fraîchement tiré, on y mêle de l'eau où ces sels sont dissous: & on ne peut pas dire que dans la noix de galle & dans l'esprit de vin il n'y ait point de sel armoniac ou de sel lixiviel. D'où il est évident, que les distillations ne peuvent donner à connoître ces mélanges & ces unions imperceptibles, non plus qu'on ne peut juger qu'est-ce qui arrive au bois pourri pour devenir lumineux, ou pourquoi le fumier des bœufs ne s'échauffe point, & que celui des chevaux & des moutons, qui vivent des mêmes herbes que les bœufs, s'échauffe.

Que si on trouve de la différence dans les sels de quelques plantes après la distillation, cela peut procéder de ce que quelques-uns retiennent par une exacte union quelques autres principes que le feu n'a pu séparer, ou même que le feu a fait de nouvelles unions; & ainsi le feu peut ôter une qualité nuisible à une plante, & en donner une nuisible à une autre qui ne l'avoit pas. Car, puisque leurs vertus viennent des unions & des mêlanges différens de quelques principes, & que la Chymie fait de nouvelles unions & séparations; elle peut tirer du poison d'une plante salutaire, & un bon remède d'une plante vénimeuse: mais elle ne fera pas connoître ce qui fait leur bonté ou leur malignité dans leur état naturel; & il faudra attendre long-tems avant qu'on puisse venir à bout de cette découverte. On pourroit même dire que les plantes telles qu'elles sont en leur état naturel, nous doivent mieux faire connoître leurs vertus, que lorsqu'elles sont changées par les distillations, & on peut le prouver par les raisons suivantes:

Les principes des plantes étant mêlés dans la terre, & chacun d'eux y trouvant son correctif, on n'y remarque ni odeur ni saveur, ni presque aucune vertu salutaire ou nuisible, & les décoctions des terres communes ne feront aucun mal à ceux qui en boiront. Mais la disposition particulière de chaque plante, arrangeant diversement ces principes, fait

paroître dans les fleurs & dans les fruits de certaines plantes, des couleurs très-belles & très-vives, des saveurs exquises, des odeurs agréables; & dans d'autres plantes, de mauvaises odeurs, de l'amertume, &c: lesquelles choses diverses les font distinguer facilement les unes des autres, & nous donnent quelquefois d'assez bonnes conjectures pour connoître leur bonté ou leur malignité. Au lieu que l'action du feu confond toutes ces choses, & qu'il est même difficile de discerner par les sens, de quelles plantes procédent les eaux, les huiles, & les autres matières qu'on en a tirées par la distiliation.

On peut même douter si quelques-uns des principes les plus agissans des plantes, comme ceux qui font le poison, ou qui servent à la guérison des malades, ne s'évaporent pas par la grande chaleur des fourneaux, à travers les cornuës & les ballons de verre; puisque l'on remarque que la vertu des eaux minérales se perd ou se diminue dans peu de jours, en les transportant d'un lieu en un autre, quoique les vaisseaux qui les contiennent, soient scelés bien exactement. On peut encore douter s'il ne passe pas quelque chose de la matière du feu, ou de celle des vaisseaux, dans les matières distillées.

Que si l'on dit que les opérations de la Chymie pourront faire connoître les plantes qui auront une plus grande quantité de certains principes; je répons qu'il s'y trouvera encore beaucoup de difficultez: car les divers degrez de feu, l'âge des plantes, les lieux où elles ont crû, la différence des saisons plus ou moins pluvieuses, la différente exactitude de lutter les vaisseaux dans lesquels se font les distillations, leurs différentes matières, le mélange différent de leurs parties avec les matières distillées, la fixation des sels volatiles par les fixes, & la volatilisation des fixes par les volatiles, pourront faire qu'une plante qui a naturellement plus de sel fixe ou de sel volatile qu'une autre, en fera moins paroître, & ainsi des autres principes. De toutes lesquelles choses je conclus, que la Chymie ne peut donner aucune lumière pour faire connoître quelles sont les causes des effets particuliers de chaque plante.

J'avoue donc ici nettement mon ignorance, & que dans la recherche que j'ai faite de ces causes particulières, je n'ai rien découvert qui me pût satisfaire, & qui eût la moindre apparence de certitude. C'est pourquoi je conseille aux Sçavans de ne pas se tourmenter à les chercher, soit par la Chymie, soit par les raisonnemens qu'ils pourroient fonder sur l'hypothèse commune du chaud, du froid, du sec, & de l'humide, ou sur celle de l'acide & de l'alcali, &c; mais de s'arrêter seulement à ce que les observations & les expériences de plusieurs siécles nous en ont pu faire découvrir. C'est par leur moïen que nous connoissons les plantes vénimeuses, & la force de leur poison; & que nous sçavons faire le choix de celles qui font de bons alimens, de celles qui nous rafraîchissent, qui sont diurétiques, qui purgent, &c.

Pour

Pour faire donc quelque chose d'utile au public, il faut vérifier par plusieurs nouvelles expériences, ce que les Anciens & les Modernes ont dit ou écrit touchant les proprietez des plantes, soit de chacune en particulier, soit de plusieurs jointes ensemble. Par ce moïen on pourra s'assûrer de la bonté des médicamens: & pour faire de notables progrès dans la Médecine, il faudroit que les Princes & les Républiques fissent proposer & donner des recompenses très-considérables à ceux qui découvriroient que quelque plante particulière, ou le mêlange de quelques-unes, fût propre à la guérison de certaines maladies; pourvû qu'ils le fissent connoître par des expériences suffisantes, c'est-à-dire, que si leur reméde guérissoit en peu de tems, les deux tiers, ou les trois quarts d'un grand nombre de malades, il seroit reçû pour bon, & ils en recevroient la recompense, en instruisant le public de la maniére de le préparer & de l'appliquer. Avis sur les moïens de faire des progrès dans la Médecine.

Je crois que c'est l'unique moïen d'établir quelque certitude dans la connoissance des vertus particulières des plantes, & qu'on ne peut par aucun autre artifice ou par aucun raisonnement les découvrir, & qu'il est même dangereux de s'appuïer sur de foibles conjectures dans ces matières.

Voilà, Monsieur, à peu près, ce que j'ai pu apprendre touchant les plantes, dont apparemment vous ne serez pas satisfait. Mais il vaut mieux sçavoir quelque chose dans les matières difficiles, que de les ignorer entièrement; & c'est même beaucoup, de pouvoir se défendre de croire des choses fausses, qui par leur prévention nous empêchent souvent de connoître la vérité, lorsque le hazard ou le raisonnement nous la pourroit faire découvrir.

F I N.



SECOND ESSAI.
DE LA
NATURE
DE
L'AIR.

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences.

DISCOURS
DE LA
NATURE DE L'AIR.



L'Air est si néceſſaire à la conſervation de notre vie, & ſon étenduë eſt d'une grandeur ſi conſidérable, que ceux qui s'appliquent à la connoiſſance des choſes naturelles, ne doivent pas négliger de rechercher ſes diverſes propriétez: elles ſont très-ſurprenantes, & en grand nombre; mais la plûpart ſont très-difficiles à expliquer.

Quelques Philoſophes ſoûtiennent que l'air n'eſt autre choſe que les évaporations de l'eau & des autres matières contenues dans la terre, qui s'élévent par la chaleur du ſoleil. Les enfans & les hommes groſſiers ont bien de la peine à être perſuadés de ſon exiſtence, parce que ſa tranſparence le rendant inviſible, ils ſe laiſſent facilement prévenir qu'il n'y a rien dans un vaiſſeau où l'on n'a verſé aucune liqueur, ni mis aucun autre corps viſible. On commence à s'en appercevoir par la réſiſtance qu'il fait au mouvement des corps larges & peu épais, comme ſont les feuilles de papier, ou l'aile d'un grand oiſeau, & par le bruit qu'il fait en ſortant de l'eau, lorſqu'on y plonge une bouteille ou une cruche vuide.

Première propriété de l'air, qui eſt ſa peſanteur.

On a beaucoup plus de peine à croire qu'il a de la peſanteur, & il faut beaucoup de raiſonnemens & d'expériences, pour s'en laiſſer perſuader, parce que s'élevant au-deſſus de l'eau & de toutes les autres liqueurs, on attribue ce mouvement de bas en haut à une légéreté abſolue.

La preuve qui paroît la plus forte pour établir la peſanteur de l'air, eſt celle qu'on tire d'un effet ſurprenant qu'on voit arriver dans des tuyaux de verre de trois ou quatre pieds de hauteur, fermés par un bout & remplis de mercure. L'expérience en eſt aſſez connue. On ferme avec le doigt le bout ouvert d'un de ces tuyaux; & après l'avoir renverſé on plonge ce bout ouvert dans d'autre mercure, mis dans quelque vaiſſeau: on ôte le doigt; & alors le tuyau ne ſe vuide pas entièrement, mais il demeure rempli de mercure juſqu'à la hauteur d'environ vingt-ſept pouces & demi. C'eſt ce qu'on appelle l'expérience du vuide, & ce tuyau avec le mercure s'appelle un barométre, à cauſe qu'on s'en ſert à meſurer la peſanteur de l'air, par le moïen des différentes hauteurs où ce mercure enfermé demeure, ſelon les diverſes diſpoſi-

tions du tems ; car il y a de certains jours où il s'éléve à *Paris* jusques à vingt-huit pouces & quatre ou cinq lignes ; & d'autres jours où il ne s'éléve qu'à vingt-sept pouces, moins une ou deux lignes ; & ordinairement il demeure dans les hauteurs, comme de vingt-sept pouces & demi, ou de vingt-sept pouces & huit lignes.

Pour faire voir que cette élévation de mercure & ces changemens de hauteur sont des effets des poids différens dont la surface du mercure qui est dans le vaisseau, est chargée, faites plonger un barométre dans une eau profonde & fort claire, & vous verrez que la hauteur de trois pieds & demi d'eau par-dessus cette surface fera monter le mercure vers le bout d'en-haut, environ trois pouces plus haut qu'il n'étoit dans l'air; & que la hauteur de quatorze pouces ne le fera élever qu'à un pouce plus haut; ce qui procéde manifestement de ce que le mercure pesant quatorze fois plus que l'eau, comme on le peut connoître par le moïen d'une balance, le poids de trois pieds & demi d'eau fait équilibre au poids de trois pouces de mercure, & le poids de quatorze pouces à celui d'un pouce; & par conséquent trois pieds & demi d'eau le doivent faire monter à trois pouces plus haut, & quatorze pouces, à un pouce seulement. Et parce qu'on voit par plusieurs expériences, que lorsqu'on porte un barométre dans un lieu profond, le mercure s'éléve plus haut que quand il est à la surface de la terre; & qu'il baisse beaucoup plus dans les lieux fort élevés que dans ceux d'une médiocre hauteur : on tire facilement la même conséquence que celle qu'on tire à l'égard de l'eau ; sçavoir, que plus il y a d'air au-dessus du mercure du vaisseau où le bout du tuyau est plongé, plus le mercure s'éléve, & que lorsqu'il s'éléve à vingt-huit pouces, c'est une marque qu'une colomne de mercure de vingt-huit pouces pése autant que la colomne d'air de même largeur, qui s'étend alors depuis la surface du mercure qui est dans le vaisseau, jusqu'au haut de l'atmosphére, c'est-à-dire, jusques à la plus haute surface qui termine l'air.

On fait encore plusieurs autres expériences qui prouvent suffisamment que l'air est pesant, & les raisons par lesquelles quelques-uns ont voulu prouver qu'il étoit absolument léger, sont si foibles, qu'elles ne valent pas la peine d'être refutées.

Seconde propriété de l'air, qui est de pouvoir être condensé & dilaté & d'avoir la vertu de ressort.

La seconde propriété de l'air est de pouvoir être extrêmement condensé & dilaté, & de conserver toûjours une vertu de ressort, par laquelle il repousse ou fait effort pour repousser les corps qui le pressent, jusqu'à ce qu'il ait repris son extension naturelle. La plûpart des autres ressorts s'affoiblissent peu à peu, mais on ne remarque point que celui de l'air s'affoiblisse; & quelques-uns m'ont dit avoir vû des arquebuses à vent chargées depuis plus d'un an, faire le même effet qu'étant chargées de nouveau. L'air se dilate aussi très-facilement par la chaleur, & se condense par le froid, comme on le remarque tous les jours par plusieurs expériences.

Il

Il ne faut pas croire que l'air qui eſt proche de la ſurface de la terre, & que nous reſpirons, ait ſon étenduë naturelle : car, puiſque celui qui eſt au-deſſus, eſt peſant, & qu'il a une vertu de reſſort ; celui qui eſt ici bas étant chargé du poids de toute l'atmoſphére, doit être beaucoup plus condenſé que celui qui eſt le plus élevé, qui a la liberté entière de ſe dilater ; & celui qui eſt entre ces deux extrémitez, doit être moins condenſé que celui qui touche la terre, & moins dilaté que celui qui en eſt le plus éloigné.

On peut comprendre à peu près cette différence de condenſation de l'air par l'exemple de pluſieurs éponges qu'on auroit entaſſées les unes ſur les autres: car il eſt évident, que celles qui ſeroient tout au haut, auroient leur étenduë naturelle; que celles qui ſeroient immédiatement au-deſſous, ſeroient un peu moins dilatées ; & que celles qui ſeroient au-deſſous de toutes les autres, ſeroient très-ſerrées & condenſées. Il eſt encore manifeſte, que ſi on ôtoit toutes celles du deſſus, celles du deſſous reprendroient leur étenduë naturelle par la vertu de reſſort qu'elles ont ; & que ſi on en ôtoit ſeulement une partie, elles ne reprendroient qu'une partie de leur dilatation.

La première queſtion qu'on peut faire là-deſſus, eſt de ſçavoir ſi l'air ſe condenſe préciſément ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé, ou ſi cette condenſation ſuit d'autres loix & d'autres proportions. Voici les raiſonnemens que j'ai faits pour ſçavoir ſi la condenſation de l'air ſe fait à proportion des poids dont il eſt preſſé.

Sa condenſation ſe fait ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé.

Etant ſuppoſé, comme l'expérience le fait voir que l'air ſe condenſe davantage lorſqu'il eſt chargé d'un plus grand poids ; il s'enſuit néceſſairement, que ſi l'air qui eſt depuis la ſurface de la terre juſqu'à la plus grande hauteur où il ſe termine, devenoit plus léger, ſa partie la plus baſſe ſe dilateroit plus qu'elle n'eſt ; & que s'il devenoit plus peſant, cette même partie ſe condenſeroit davantage. Il faut donc conclure que la condenſation qu'il a proche de la terre, ſe fait ſelon une certaine proportion du poids de l'air ſupérieur dont il eſt preſſé, & qu'en cet état, il fait équilibre par ſon reſſort préciſément à tout le poids de l'air qu'il ſoûtient.

De-là il s'enſuit, que ſi on enferme dans un barométre du mercure avec de l'air, & qu'on faſſe l'expérience du vuide ; le mercure ne demeurera pas dans le tuyau à la hauteur qu'il étoit : car l'air qui y eſt enfermé avant l'expérience, fait équilibre par ſon reſſort au poids de toute l'atmoſphére, c'eſt-à-dire, de la colomne d'air de même largeur, qui s'étend depuis la ſurface du mercure du vaiſſeau juſqu'au haut de l'atmoſphére, & par conſéquent le mercure qui eſt dans le tuyau ne trouvant rien qui lui faſſe équilibre, il deſcendra: mais il ne deſcendra pas entièrement; car lorſqu'il deſcend, l'air enfermé dans le tuyau ſe dilate, & par conſéquent ſon reſſort n'eſt plus ſuffiſant pour faire équilibre avec tout le poids de l'air ſupérieur. Il

faut

faut donc qu'une partie du mercure demeure dans le tuyau à une hauteur telle que l'air qui est enfermé étant dans une condensation qui lui donne une force de ressort capable de soûtenir seulement une partie du poids de l'atmosphère, le mercure qui demeure dans le tuyau, fasse équilibre avec le reste ; & alors il se fera équilibre entre le poids de toute cette colomne d'air, & le poids de ce mercure resté joint avec la force du ressort de l'air enfermé. Or si l'air se doit condenser à proportion des poids dont il est chargé ; il faut nécessairement qu'aiant fait une expérience en laquelle le mercure demeure dans le tuyau à la hauteur de quatorze pouces, l'air qui est enfermé dans le reste du tuyau, soit alors dilaté deux fois plus qu'il n'étoit avant l'expérience ; pourvû que dans le même tems les barométres sans air élévent leur mercure à vingt-huit pouces précisément.

Pour sçavoir si cette conséquence étoit véritable, j'en fis l'expérience avec le Sieur *Hubin*, qui est très-expert à faire des barométres & des thermométres de plusieurs sortes. Nous nous servîmes d'un tuyau de quarante pouces, que je fis emplir de mercure jusqu'à vingt-sept pouces & demi, afin qu'il y eût douze pouces & demi d'air, & qu'étant plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau il y eût trente-neuf pouces de reste, pour contenir quatorze pouces de mercure, & vingt-cinq pouces d'air dilaté au double. Je ne fus point trompé dans mon attente : car le bout du tuyau renversé étant plongé dans le mercure du vaisseau, celui du tuyau descendit, & après quelques balancemens, il s'arrêta à quatorze pouces de hauteur ; & par conséquent l'air enfermé qui occupoit alors vingt-cinq pouces, étoit dilaté au double de celui qu'on y avoit enfermé, qui n'occupoit que douze pouces & demi.

Je lui fis faire encore une autre expérience, où il laissa vingt-quatre pouces d'air au-dessus du mercure ; & il descendit jusques à sept pouces, conformément à cette hypothèse : car sept pouces de mercure faisant équilibre au quart du poids de toute l'atmosphère, les trois quarts qui restoient étoient soûtenus par le ressort de l'air enfermé, dont l'étenduë étant alors de trente-deux pouces, elle avoit même raison à la première étenduë de vingt-quatre pouces, que le poids entier de l'air aux trois quarts du même poids.

Je fis faire encore quelques autres expériences semblables, laissant plus ou moins d'air dans le même tuyau, ou dans d'autres plus ou moins grands ; & je trouvai toûjours, qu'après l'expérience faite, la proportion de l'air dilaté, à l'étenduë de celui qu'on avoit laissé au haut du mercure avant l'expérience, étoit la même que celle de vingt-huit pouces de mercure, qui est le poids entier de l'atmosphère, à l'excès de vingt-huit pouces par-dessus la hauteur où il demeuroit après l'expérience ; ce qui fait connoître suffisamment, qu'on peut prendre pour une régle certaine ou loi de la nature, que l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé.

Que

Que si l'on en veut faire des expériences plus sensibles, il faut avoir un tuyau recourbé, dont les deux branches soient paralleles, & dont l'une soit d'environ huit pieds de hauteur, & l'autre de douze pouces; la grande doit être ouverte au haut, & l'autre scellée exactement.

On commencera à verser un peu de mercure pour remplir le fond où est la communication des deux branches, & on fera en sorte que le mercure ne soit pas plus haut dans l'une que dans l'autre, afin d'être assûré que l'air enfermé n'est pas plus condensé ou dilaté que l'air libre.

On versera ensuite peu à peu du mercure dans le tuyau, prenant garde que le choc ne fasse entrer de nouvel air avec celui qui est enfermé; & on verra, comme je l'ai vû plusieurs fois, que, lorsque le mercure sera élevé à quatre pouces dans la petite branche, le mercure sera dans l'autre quatorze pouces plus haut, c'est-à-dire, dix-huit pouces au-dessus du tuyau de communication; ce qui doit arriver, si l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé, puisque l'air enfermé est alors chargé du poids de l'atmosphére qui est égal au poids de vingt-huit pouces de mercure, & encore de celui de quatorze pouces, dont la somme 42 pouces est à 28 pouces premier poids qui tenoit l'air à douze pouces dans la petite branche, réciproquement comme cette étenduë de douze pouces est à l'étenduë restante de huit pouces.

Si l'on verse de nouveau mercure jusqu'à ce qu'il soit monté à 6 pouces dans la petite branche, & qu'il n'y reste que 6 pouces d'air, le mercure sera dans l'autre branche plus haut de 28 pouces que le haut de ces six pouces; ce qui doit arriver suivant la même hypothése: car alors l'air enfermé sera chargé de 28 pouces de mercure, & de la pesanteur de l'atmosphére qui en vaut aussi 28, dont la somme 56 est double de 28, comme la première étenduë de 12 pouces d'air est double des 6 pouces qui restent; & lorsqu'en continuant de verser du mercure dans la grande branche, il sera dans la petite à 8 pouces de hauteur, il y aura 56 pouces de mercure au-dessus, dans la grande branche; ce qui fait encore la même proportion.

Si on veut pousser l'expérience plus loin, on pourra verser encore du mercure, jusqu'à ce que l'air de la petite branche soit réduit à 3 pouces; & on verra que dans l'autre branche, le mercure sera élevé à 84 pouces plus haut, lesquels avec les 28 du poids de l'atmosphére font 112, nombre quadruple de 28, de même que la première étenduë de 12 pouces est quadruple de la dernière de 3 pouces.

Pour bien faire ces expériences, il faut que la petite branche soit d'une largeur uniforme par-tout; car pour la grande, il n'est pas nécessaire que sa largeur soit précisément égale en toute sa longueur.

Par cette régle de la nature, on peut résoudre plusieurs problêmes de Physique assez curieux. Le premier est celui-ci.

I. PROBLÊME.

Problêmes qu'on peut résoudre par ce qu'on vient d'établir.

Etant donnée la hauteur où l'on veut que le mercure demeure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver la quantité de l'air qu'il y faut laisser avant l'expérience.

Soit 4 pouces la hauteur donnée du mercure, & soit le tuyau de 37 pouces, dont on doit plonger un pouce dans le mercure du vaisseau, afin qu'il reste 36 pouces au-dessus. Soit supposé que l'expérience soit faite, & que le mercure se soit mis à 4 pouces de hauteur. Donc il restera 32 pouces d'air dilaté. Mais comme 28 pouces, poids entier de l'atmosphére, est à 24, différence de 4 grandeur donnée, & de 28; ainsi 32 est à $27\frac{3}{7}$. Donc 27 pouces $\frac{3}{7}$ est l'étenduë de l'air qu'il faut laisser au-dessus du mercure avant l'expérience, afin qu'après l'expérience, le mercure s'arrête à 4 pouces de hauteur. Si le tuyau est de 24 pouces, & qu'on veuille réduire le mercure à 7 pouces, il faut supposer que le bout ouvert du tuyau soit plongé d'un pouce dans le mercure, afin qu'il reste 23 pouces, dont les 7 pouces de mercure étant ôtés, il restera 16 pouces pour l'air dilaté. Et parce que 28 est à 21, différence de 7 & de 28, comme 16 est à 12; on jugera qu'il faudra mettre dans le tuyau 12 pouces d'air au-dessus du mercure. On résoudra de même les autres questions semblables.

II. PROBLÊME.

Etant donnée la quantité d'air qu'on veut laisser au-dessus du mercure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver à quelle hauteur le mercure se mettra après l'expérience.

Cette question se peut résoudre par le calcul de l'Algébre, en cette sorte: Soit la hauteur du tuyau 25 pouces, & l'étenduë donnée de l'air 9 pouces; on demande, à quelle hauteur le mercure demeurera dans le tuyau après l'expérience? Soit appellée A l'augmentation de l'étenduë de l'air enfermé: & parce que le bout du tuyau doit être plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau, & qu'il n'y restera que 24 pouces; si on appelle $9 + A$ l'étenduë de l'air dilaté, le reste du tuyau jusques à 24 sera $15 - A$, qui est la grandeur inconnue qu'on cherche. Or, par la régle expliquée ci-dessus, 28 pouces de mercure doivent avoir un même rapport à la différence qui est entre ces 28 pouces, & la hauteur où il doit demeurer dans le tuyau, que l'étenduë de l'air dilaté, c'est-à-dire, 9 pouces plus A, à 9 pouces. Donc par conversion de raison, $9 + A$ sera à A, comme 28 à $15 - A$. D'où il s'ensuit, que le produit des extrêmes $9 + A$ & $15 - A$, sera égal à celui de 28 par A. Donc le premier produit, sçavoir $135 + 6A - A^2$ sera égal à 28 A; &

& ajoûtant A^2 de part & d'autre, il y aura égalité entre $135 + 6A$, & $28A + A^2$; & ôtant $6A$ de chacune de ces grandeurs, il y aura encore égalité entre $A^2 + 22A$ & 135, & enfin entre A^2 & $135 - 22A$; & si on joint le quarré de 11 moitié de 22 à 135, la somme sera 256, dont la racine quarrée est 16, duquel nombre ôtant les 11 ci-dessus, le reste 5 sera la valeur de l'étenduë qu'on a appellée A, & par conséquent $15 - A$ vaudra 10 pouces, hauteur requise où se mettra le mercure après l'expérience.

On trouvera de même la hauteur du mercure dans d'autres tuyaux, quelque étenduë d'air qu'on ait laissée sur le mercure avant l'expérience, soit que cette étenduë se puisse exprimer par nombres, ou seulement par lignes; & les expériences se trouveront conformes à ces raisonnemens. On peut même réduire en lignes les grandeurs données, & on trouvera aisément la ligne de la hauteur où se mettra le mercure, si on sçait médiocrement les régles de l'Algébre.

III. PROBLÈME.

Etant donnée la hauteur d'un tuyau plein d'air, trouver à quelle profondeur il faudra plonger le bout ouvert dans le mercure du vaisseau, afin qu'il monte dans ce tuyau situé perpendiculairement à une hauteur donnée possible.

Soit le tuyau de 10 pouces uniformément large, & soit un pouce la hauteur donnée. Donc l'air du tuyau se doit réduire à 9 pouces, puisque le mercure y doit entrer d'un pouce; & suivant les raisonnemens ci-dessus, comme 9 est à 10, ainsi réciproquement 28 pouces de mercure à 31 pouces $\frac{1}{9}$. Ce qui fera connoître qu'il faudra que la surface du mercure du vaisseau soit 3 pouces $\frac{1}{9}$ au-dessus du mercure qui sera monté dans le tuyau, & par conséquent qu'il faudra que le bout ouvert soit enfoncé de 4 pouces $\frac{1}{9}$ dans le mercure du vaisseau; ce qui se prouve parce que le poids du mercure de 3 pouces $\frac{1}{9}$ joint au poids de l'atmosphére, qu'on suppose égal à celui de 28 pouces de mercure, chargera l'air du tuyau d'un poids de 31 pouces $\frac{1}{9}$: & 31 pouces $\frac{1}{9}$ est à 28 réciproquement, comme 10 pouces, étenduë première de l'air du tuyau, est aux 9 pouces qu'il doit occuper après l'expérience.

On se servira d'un raisonnement semblable pour trouver à quelle hauteur l'eau montera dans un tuyau vuide fermé par le bout d'en-haut, lorsqu'on le plonge perpendiculairement dans de l'eau, prenant pour le poids de l'atmosphére, 32 pieds d'eau douce, ou 30 d'eau salée, au lieu de 28 pouces de mercure. De-là on jugera que, si on descend un homme dans la mer sous une cloche pleine d'air, lorsqu'elle sera à 30 pieds de profondeur, l'air se réduira à la moitié de l'espace qu'il occupoit; ce qui n'a pas été remarqué par quelques-uns qui ont parlé de cette expérience.

Le reſſort de l'air fait le même equilibre qu'étant avec ſon poids. TAB. V. fig. 48.

C'eſt une choſe très-ſurprenante que le reſſort de l'air puiſſe faire le même equilibre, que lorſqu'il eſt joint avec ſon poids; il n'eſt pas difficile d'en faire des expériences, & on peut prouver cet effet en cette manière:

Aïez une bouteille de verre comme ABCD de figure cylindrique, haute de 123 lignes $\frac{2}{3}$, & d'une telle largeur que ſa baſe intérieure ſoit à un cercle d'une ligne de diamétre, comme 1005 eſt à l'unité. Verſez-y du mercure CEFD, juſques à la hauteur d'un pouce, afin qu'il reſte 111 lignes $\frac{2}{3}$ d'air; & y faites entrer un tuyau de verre de 29 ou 30 pouces de hauteur, & d'une ligne de largeur intérieure, ouvert aux deux bouts, dont celui d'en-bas trempe d'environ 4 lignes dans le mercure: ſcellez ce tuyau exactement au cou de la bouteille, de manière que l'air qui eſt en AF n'aïe aucune communication avec l'air extérieur: mettez enſuite cette bouteille & ſon tuyau dans la machine du vuide ſous un récipient de verre ILM d'une grandeur ſuffiſante; je dis que, ſi on peut pomper tout l'air qui eſt ſous le récipient, le mercure deſcendra par la force du reſſort de l'air de la bouteille juſques en NO, ſi NE eſt d'un tiers de ligne, & qu'il s'élévera dans le tuyau juſques à la hauteur de 27 pouces 11 lignes au-deſſus de la ſurface NO. Car, d'autant que l'air ſe condenſe ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé, il doit auſſi ſoûtenir des poids ſelon la proportion réciproque de ſes condenſations: & parce que la baſe du cylindre EO eſt à la baſe du cylindre de mercure, qui eſt dans le tuyau, comme 1005 eſt à l'unité; ſi la hauteur EN eſt d'un tiers de ligne, le cylindre EO ſera égal à un cylindre de 27 pouces 11 lignes de hauteur dans le tuyau, puiſque la hauteur de 27 pouces 11 lignes, c'eſt-à-dire, 335 lignes, eſt à un tiers de ligne, comme 1005 eſt à l'unité. Mais l'étenduë de l'air AN de 112 lignes eſt à l'étenduë AE de 111 lignes $\frac{2}{3}$ réciproquement, comme le poids de 28 pouces de mercure, c'eſt-à-dire, 336 lignes eſt à celui de 335 lignes. D'où il s'enſuit, que le reſſort de l'air AO ſoûtiendra une hauteur de 335 lignes de mercure, comme celui du même air, lorſqu'il n'occupoit que l'eſpace AF, en pouvoit ſoûtenir une hauteur de 336 lignes, ſuivant ce qui a été expliqué ci-deſſus dans les expériences du tuyau recourbé; & par conſéquent, le ſeul reſſort de l'air fera monter le mercure dans le tuyau juſques à la hauteur de 27 pouces 11 lignes. Il eſt vrai que, comme il demeure toûjours un peu d'air ſous les récipiens dans les machines du vuide, ſon reſſort, quoique foible, diminuera un peu de la force de celui de la bouteille, & pourra réduire l'élévation du mercure dans le tuyau à 27 pouces 6 lignes, ou à 27 pouces 8 lignes, &c; & en ce cas l'air de la bouteille s'étendra un peu moins que d'un tiers de ligne.

De cette propriété du reſſort de l'air on peut juger que, ſi un barométre dans un cabinet avoit ſon mercure élevé de 28 pouces, il demeureroit encore à cette hauteur après qu'on auroit fermé le cabinet très-

très-exactement pour empêcher l'air du dehors d'y entrer, & qu'il pourroit même monter plus haut, si on échauffoit l'air du cabinet, puisque la force de son ressort seroit augmentée par la chaleur.

On trouvera par de semblables raisonnemens fondés sur la force du ressort de l'air, que si on enferme une égale quantité d'air au-dessus du mercure dans des tuyaux de différentes hauteurs, le mercure descendra plus bas dans les moins longs; & que, si les tuyaux sont de 35 ou quarante pouces, & qu'on les panche de manière qu'il ne reste depuis la surface du mercure du vaisseau, jusques à la hauteur perpendiculaire du bout fermé, que 30 ou 32 pouces, le mercure ne sera pas si élevé au-dessus de cette surface, que lorsque les tuyaux seront perpendiculaires.

Ce qui arrive aux larmes de verre se fait par l'air; & comment.

Il est bon de remarquer ici que l'air est une des principales causes de l'effet étonnant qui arrive aux larmes de verre, de se rompre avec bruit, & de s'écarter en poussière, & en petits fragmens, lorsqu'on en rompt seulement le petit bout.

On fait ces larmes en faisant tomber un peu de la matière fondue dont on fait les verres, dans un seau plein d'eau froide, & parce que cette matière est fort gluante pendant qu'elle est rouge, il s'en fait un long filet, par lequel on soûtient la larme dans le milieu de l'eau; elle y demeure rouge quelque tems; il y en a qui se brisent en se refroidissant dans l'eau, & d'autres qui demeurent entières. On en sépare le filet qui est hors de l'eau, sans que le reste se rompe: on peut même séparer une partie du crochet, si on le fait rougir à la flamme d'une chandelle; mais lorsqu'on rompt ce qui reste du crochet sans l'avoir fait recuire, toute la larme se brise avec bruit, & s'écarte en plusieurs petits fragmens & en poussière blanche. Pour expliquer cet effet qui donne de l'admiration à ceux qui le voïent la première fois, il faut considérer que le verre prend une trempe dans l'eau comme l'acier, & qu'il en devient plus dur & plus cassant; ce qui procéde de ce que la froideur de l'eau surprenant l'extérieur du verre, le refroidit & le durcit d'abord, pendant que l'intérieur de la larme demeure encore rouge: & parce que cette matière, aussi-bien que les métaux, est d'un plus grand volume étant chaude, qu'étant froide; il arrive nécessairement, que les parties internes se joignant aux externes qui sont déja affermies, & étant aussi un peu retenues par celles qui sont vers le centre, il s'y fait plusieurs petites interruptions de continuïté, de manière qu'il demeure vers le milieu plusieurs bulles grosses & petites, pleines d'un air extrêmement dilaté; ce qu'on reconnoit lorsqu'on amollit au feu ces larmes; car les bulles diminuent peu à peu, & quelques-unes même disparoissent.

Or ces larmes étant très-dures au-dehors on peut battre à coups de marteau la partie épaisse sur du bois sans que rien se rompe; parce que les parties extérieures se soûtiennent comme une voûte. Mais, si on vient à ploïer le bout mince du crochet jusques à ce qu'il se rompe, toutes

toutes les parties qui ont été mises en ressort par cet effort, retournant avec une très-grande vitesse en leur première disposition, font une manière de frémissement qui fait en très-peu de tems plusieurs allées & venuës, c'est-à-dire, plusieurs tremblemens, comme ceux des cordes tendues; & par ce moïens ce qui n'étoit que contigu ou peu lié, se sépare & se desunit, comme il arrive à du fer blanc, lequel se rompt lorsqu'on le ploïe & qu'on le redresse trois ou quatre fois de suite. Dans ce même tems, l'air du dehors trouvant quelques ouvertures par la séparation de quelques parties du verre, s'insinue avec violence pour remplir les petits vuides des bulles, & fait écarter par cet effort toutes les petites parties de la larme. On voit un semblable effet lorsqu'on pompe l'air d'un vaisseau de verre quarré; car l'air extérieur le pressant, & ne trouvant aucune résistance considérable dans l'air intérieur dont le ressort est extrêmement affoibli, il rompt les parois du vaisseau, & les brise en plusieurs petites parties.

Pour juger que cette réduction en poussière des larmes de verre & l'écart de cette poussière à deux ou trois pieds à la ronde, dépend de ces trois causes; sçavoir, du frémissement causé par le ressort, du peu de liaison des parties, & de l'irruption de l'air dans les bulles & entre les parties qui ne sont que contigues comme les pierres d'une voûte : il faut considérer les expériences qui suivent:

1. Que les larmes qui se refroidissent dans l'air, n'ont pas la propriété de celles qui se refroidissent dans l'eau, parce que la matière se refroidissant peu à peu dans l'air, & demeurant long-tems molle en toutes ses parties, elles se resserrent peu à peu, & demeurent parfaitement unies & liées; & s'il y a quelque peu d'air enfermé, il reprend une condensation qui est égale à peu près à celle de l'air du dehors; d'où il arrive que si on rompt le bout du crochet, le reste ne se rompt point.

2. Que les larmes qu'on fait recuire jusques à ce qu'elles commencent à s'amollir, font le même effet que celles qui se refroidissent dans l'air, parce que l'air du dehors trouvant la matière souple, la fait rentrer en dedans, & en même tems les bulles s'amoindrissent, ou bien il se fait un petit enfoncement jusqu'au vuide des bulles par où l'air extérieur s'insinue, & en ce cas elles ne diminuent que de fort peu, & le verre se rejoint par-dessus, comme je l'ai observé en quelques larmes recuites; & par ce moïen les parties desunies du verre reprennent une parfaite continuïté.

3. Que lorsqu'on use les larmes par le gros bout avec du sablon d'Estampes ou quelqu'autre matière rude sur une plaque d'acier, elles ne se rompent pas quand on ne donne jour qu'aux petites bulles qui sont près de la surface : mais dès qu'on arrive à une grosse bulle, elles se rompent avec un aussi grand effort que si on rompoit le crochet; parce que la rudesse du frottement ébranle & fait frémir toutes les parties du verre, & qu'en perçant la bulle il se fait quelque petite fraction qui fait ressort, &

en

en même tems l'air extérieur y fait irruption; ce qui fait briser & écarter toutes les parties du verre.

4. Que les larmes se mettent aussi en poussière dans la machine du vuide lorsqu'on rompt le crochet; & alors il n'y a que deux causes de cet effet, sçavoir le peu de liaison des parties & leur frémissement causé par le ressort, & en ce cas les fragmens ne doivent s'écarter que fort peu.

5. Que si on use les larmes avec de la poudre d'Emeri très-fine, mêlée avec de l'huile, on peut percer les grosses bulles, sans que les larmes se rompent; ce qui procéde de ce que l'air du dehors n'y peut faire d'effort, à cause que la partie platte & usée de la larme, étant jointe exactement à la plaque d'acier, l'huile dont elle est enduite, empêche l'air d'y entrer que peu à peu & insensiblement. On en voit un exemple dans des plaques de marbre fort unies, qui étant posées l'une sur l'autre avec un peu d'huile, ne peuvent être séparées que difficilement, à cause que l'air ne peut aisément se glisser entre-deux.

J'ai observé que, si on met une épingle dans de grosses bulles à demi usées, quelques fois les larmes se rompent, & d'autres fois elle ne se rompent pas. Il m'est arrivé qu'aiant mis trois ou quatre fois une épingle dans une de ces bulles, rien ne se rompit; mais un peu de tems après, l'épingle n'y étant plus, la larme se rompit sans que j'y fisse le moindre effort. J'attribuai cet effet au grand froid qu'il faisoit alors, qui gela l'eau que j'y avois mise pour la nettoïer; ce qui causa quelque rupture a une petite épaisseur de verre qui couvroit une autre grosse bulle, & cet effort ébranla les parties, & y fit entrer l'air extérieur.

Il m'est arrivé encore, qu'aiant mis trois ou quatre fois une épingle jusques au fond d'une grosse bulle à demi usée sans que rien se rompît, j'y en mis une autre plus petite, qui fit tout rompre, & écarter les petits fragmens à plus de trois pieds. Pour juger de ces différens effets, j'usai encore une larme à demi jusques à ouvrir une grosse bulle; j'en regardai le fond avec un bon microscope, & j'y apperçûs trois ou quatre petits intervalles noirs, dont quelques-uns me paroissoient comme de petites fentes, le reste étant fort poli & luisant: d'où je jugeai, que lorsque l'épingle rencontroit les endroits polis, la larme ne se rompoit point; mais que lorsqu'elle rencontroit une petite fente, elle écartoit un peu les parties contigues, & y faisoit entrer l'air; ce qui causoit le brisement de la larme. On peut conclure de ces expériences, que la seule introduction de l'air, ou le seul frémissement, peut rompre les larmes de verre refroidies dans l'eau, & que ces deux causes se joignent ensemble lorsqu'on rompt les petits crochets.

Les observations des hauteurs différentes où le mercure se met dans les barométres, nous peuvent donner plusieurs belles connoissances. Celle qui me semble la plus considérable, est de pouvoir connoître fort souvent quel est le vent qui règne dans l'air, & de prévoir quel tems il doit faire

Belles connoissances que donnent les obser-

vations des hauteurs du mercure dans le barométre.

faire le lendemain & deux ou trois jours après.

Les barométres ordinaires de verre dont on se sert pour cet effet, ont leurs tuyaux & leurs petits vaisseaux d'une seule piéce; ils sont si communs qu'il n'est pas nécessaire d'en faire ici la description.

J'ai fait quantité de ces observations à *Paris* pendant plusieurs années, & j'en ai fait faire en même tems quelques-unes à *Loches*, au *Mont de Marsan*, à *Dijon*, &c. desquelles j'ai tiré les maximes suivantes:

Lorsqu'un vent de Sud ou de Sud-Oüest a souflé quelques jours, & qu'il survient un vent de Nord ou de Nord-Est; le mercure s'éléve de sept ou huit lignes plus haut qu'il n'étoit, & se met à 28 pouces ou à 28 pouces & quelques lignes, & il fait ordinairement beau tems.

S'il survient un vent de Sud ou de Sud-Oüest après un vent d'Est, ou d'Est-Nord-Est, le mercure descend jusqu'à 27 pouces 4 lignes, & quelquefois jusques à 27 pouces, ou 26 pouces 10 lignes, & il se fait alors ordinairement de grandes pluies. Il arrive quelquefois que le Sud & le Sud-Oüest aiant poussé beaucoup d'air & de nuées vers les parties du Nord & du Nord-Est, il se fait un reflux d'air qui fait le Nord ou le Nord-Est; ces vents ramènent les nuées, & les pressant, il se fait une pluie continuelle pendant un jour ou deux.

Lorsque les vents du Nord & du Nord-Est cessent, l'Est règne souvent ensuite, & le Sud & le Sud-Oüest lui succédent.

Explication de certains effets & mutations des vents.

Voici comment on peut expliquer ces effets & ces mutations de vents:

Supposant le mouvement de la terre, l'air qui est proche de l'équateur, doit suivre son mouvement, mais un peu moins vîte; & c'est de-là que procéde qu'on sent presque toûjours un vent d'Est en ces quartiers-là. Mais vers les tropiques & à 10 ou 12 degrez au-delà, la surface de la terre ne va pas si vîte que l'air qui est sous la ligne; & il arrive quelquefois qu'une partie de cet air échauffé va de ce côté-là, & fait un Sud-Oüest, ou un Oüest, de la même manière que l'eau d'une rivière qui va fort vîte dans son milieu, pousse des vagues à côté de part & d'autre, qui ne suivent pas sa direction, mais elles vont obliquement du côté du rivage, & même quelquefois en un sens opposé. Lorsque ces vagues cessent, & que les vents du Nord & du Nord-Est ont fait leur reflux dans les zones tempérées, il s'y fait ordinairement un vent d'Est, parceque n'y aiant point alors d'autre mouvement dans l'air que celui qui se fait par le mouvement de la terre, la même chose doit arriver que vers l'équateur.

Le Sud & le Sud-Oüest succédent ordinairement à l'Est dans les zones tempérées, & particulièrement en *France*, parce qu'il vient de nouvelles vagues de l'air qui est vers l'équateur. Mais cet ordre est quelquefois changé, parce qu'il y a d'autres causes qui produisent les vents, dont les principales sont, les éruptions des exhalaisons & des vapeurs de la terre, le mouvement de la lune, la condensation de l'air par le froid, & sa dilatation par la chaleur, &c.

Le

Le Nord & le Nord-Eſt font ordinairement élever le mercure des barométres, non ſeulement parce qu'ils rendent l'air plus peſant en le condenſant, mais auſſi parce qu'en ſouflant contre la terre de haut en bas, & preſſant l'air par ce moïen, ils augmentent ſon reſſort; ce qui fait élever le mercure; & comme le Nord-Eſt amène ordinairement le beau tems en *France*, on juge par cette élévation qu'il doit faire beau tems.

Cette conjecture que le Nord ſoufle de haut en bas, eſt fondée ſur cette expérience que j'ai faite. Je ſuſpens à un fil une boule de plomb d'environ trois pouces de diamétre, & je lui donne un mouvement en rond fort vîte dans un ſeau plein d'eau; alors la pouſſière & les autres ſaletez s'élévent du fond de l'eau vers la boule, ſi elle n'en eſt éloignée que de trois ou quatre pouces, pendant que l'eau qui eſt à l'entour des parties de la boule qui ont le plus grand mouvement, tourne en rond avec elle.

Le Nord-Eſt & l'Eſt-Nord-Eſt amènent le beau tems en *France* par trois cauſes: la première eſt, que depuis le Roïaume de la *Chine* juſques en *France*, ils ne paſſent par-deſſus aucunes mers; la ſeconde, que ſouflant de haut en bas ils empêchent le peu de vapeurs qui viennent des terres, de s'élever; & la troiſième, que rendant l'air plus condenſé, les vapeurs élevées ne retombent pas ſi facilement ſur les inférieures pour ſe joindre enſemble & former les pluies.

Le vent d'Eſt amène des brouillards, particulièrement en Hiver, & les autres vents fort rarement; ce qui procéde de ce que le vent d'Eſt ne ſe fait pas par un mouvement d'air qui puiſſe diſſiper les vapeurs en haut, ou qui les rabatte contre terre, mais par le ſeul mouvement de la ſurface de la terre, contre un air qui ne va pas ſi vîte; ce qui fait que les vapeurs qui s'étendent joignant la terre, demeurent toûjours à même hauteur, & ſont rencontrées ſucceſſivement par divers endroits de la circonférence de la terre.

Le Sud & le Sud-Oüeſt qui viennent de loin, ſouflent ſelon les tangentes de la terre & ſoulévent l'air ſupérieur, & par conſéquent diminuent le reſſort de l'inférieur; d'où il arrive que le mercure du barométre ſe baiſſe, & alors on peut prognoſtiquer la pluie, particulièrement ſi le vent aiant été Oüeſt retourne immédiatement au Sud ou au Sud-Oüeſt. Mais lorſqu'il retourne de l'Eſt-Nord-Eſt au Nord ou au Nord-Nord-Eſt, c'eſt un ſigne de continuation de beau tems, quand même le mercure baiſſeroit un peu. Les vents en *France* paſſent ordinairement de l'Eſt au Sud & au Sud-Oüeſt, puis à l'Oüeſt, au Nord & au Nord-Eſt, & ils font très-rarement un tour entier en un ſens contraire.

Il y a deux cauſes principales pourquoi le baiſſement du mercure dans les barométres eſt un ſigne de pluie. La première eſt, qu'il deſcend quand l'air eſt moins peſant & moins preſſé, & quand l'air eſt en cet

état, il ne peut plus soûtenir les vapeurs ; d'où il arrive que les supérieures tombent sur les inférieures, & font de grosses nuées, qui enfin se réduisent en pluie. La seconde, que le Sud & le Sud-Oüest, qui règnent ordinairement alors, passent par-dessus les mers avant que d'arriver en *France*, & par conséquent ils se chargent de beaucoup de vapeurs.

Lorsque le Nord & le Nord-Est règnent long-tems, le barométre se baisse peu à peu, & le beau tems ne laisse pas de continuer, parce que ces vents amènent peu de vapeurs ; & le mercure se baisse, parce que l'air trop pressé s'étend vers le Sud-Oüest, & par conséquent son ressort diminue.

On pourroit mieux déterminer ces choses, si on conferoit ensemble plusieurs observations faites en même tems en des lieux fort éloignés les uns des autres.

De la forme que prend l'air enfermé dans l'eau.

L'air enfermé dans l'eau en petite quantité y prend une forme sphérique par la force de son ressort, qui pousse l'eau également de tous côtez ; ce qu'on voit aisément lorsqu'on laisse tomber une petite balle de plomb, de trois ou quatre pieds de haut, dans l'eau : car l'air qui suit la balle bien avant sous l'eau, revient au-dessus en petites boules rondes ; celui qu'on fait sortir peu à peu d'une bouteille plongée dans l'eau s'éléve de même en boules rondes assez grosses. D'où il arrive que, si une bouteille pleine d'eau a le goulet moindre que de quatre lignes, il n'en sort point d'eau quand on la renverse perpendiculairement, parce que l'air inférieur ne peut faire entrer des bulles dans l'eau qui n'aient plus de quatre lignes de largeur, & par conséquent elles occupent tout le goulet, & l'eau ne peut sortir ; car pour sortir, il faudroit que l'air se divisât en petites parcelles pour monter d'un côté quand l'eau sortiroit de l'autre. Mais quand le goulet est large, l'eau tombe, parce que l'air peut entrer en grosses bulles d'un côté, pendant que l'eau coule de l'autre. Et par la même raison, si on met au fond d'un vaisseau plein d'eau une bouteille pleine d'air, dont le goulet soit seulement de trois ou quatre lignes de largeur, il n'en sortira point d'air, & l'eau n'y entrera point ; au lieu que si elle est pleine d'un vin bien purifié & plus léger que l'eau, l'eau entrera, & le vin montera au-dessus de la surface de l'eau : dont la raison est, que le vin & l'eau se divisent facilement en petites parcelles, & que l'eau étant plus pesante que le vin purifié, peut descendre par petites filets dans la petite bouteille, & faire monter le vin de même ; mais l'air ne se séparant que difficilement de l'autre air, il ne se met point en petites parcelles pour donner place à l'eau, & il l'empêche de descendre par son ressort. Que si on panche un peu la bouteille, alors l'air en pourra sortir en grosses bulles, parce qu'il pourra se glisser à côté de l'eau, & l'eau y entrera. Lorsque dans un tuyau étroit de verre, il y a de l'air & de l'eau séparés par de petits intervalles, les extrémitez des parcelles de l'air sont convexes, & font des enfoncemens dans celles de l'eau : & c'est par cette raison que les tuyaux

étroits

étroits où l'eau monte à une hauteur considérable par-dessus son niveau, comme de 15 ou de 16 lignes, étant plongés dans l'eau en sorte qu'ils ne passent que de trois ou quatre lignes au-dessus; celle qui est au haut du tuyau ne laisse pas d'avoir un petit enfoncement concave.

La troisième propriété de l'air est, qu'il s'insinue & se dissoud en quelque façon dans l'eau & dans plusieurs autres liqueurs; ce qu'on connoit par l'expérience suivante, que j'ai faite plusieurs fois avec grand soin.

Troisième propriété de l'air qui est de s'insinuer & se dissoudre dans l'eau & plusieurs liqueurs.

Je fais bouillir de l'eau environ une heure, & après qu'elle est refroidie, j'en emplis une phiole dont la pomme est fort ronde; je la ferme avec le doigt, & après y avoir laissé entrer de l'air de la grosseur d'une noisette, je la renverse, & j'en fais tremper le bout dans un verre où il y a de l'eau: j'ai toûjours remarqué, que dans trois ou quatre jours cet air étoit presque entièrement entré dans l'eau, mais que le reste y entroit bien plus difficilement à proportion, & qu'il y en avoit encore un peu de reste sept ou huit jours après. J'ai fait plusieurs semblables expériences avec des bulles d'air plus petites; voici les dernières: Je laissai une bulle d'air de quatre lignes de diamétre au haut de la bouteille renversée; le jour suivant elle fut réduite à deux lignes deux tiers; l'autre jour, à une ligne & demi; & le matin du jour suivant, il n'y en eut plus du tout: tellement que le premier jour il s'en perdit presque les sept huitièmes, le second jour les trois quarts du reste, & le troisième le reste se perdit, qui étoit environ un seizième de toute la bulle. Ce même jour j'y remis une bulle de trois lignes & demi de diamétre; elle se perdit dans le même espace de tems, & à peu près dans les mêmes proportions jour par jour, c'est-à-dire, que le premier jour il s'en perdit plus des trois quarts; il en resta pourtant un peu après les trois jours environ comme la grosseur d'une semence de perle: j'y en remis une autre de trois lignes & demi de diamétre, qui ne se joignit point à cette petite, laquelle disparut le lendemain; mais celle de trois lignes & demi entra dans l'eau dans un intervalle de trois jours comme auparavant: j'en remis encore une de quatre lignes de diamétre; & trois jours après, cet air fut encore absorbé par l'eau, à la réserve d'une petite bulle un peu moindre que d'une ligne de diamétre. Ce reste d'air non dissous paroît toûjours un peu différent de l'autre air; car il s'attache au verre, & ne change pas si facilement de place quand on panche la bouteille.

J'y mis encore une autre bulle de 4 lignes de diamétre, & il falut six jours entiers pour la faire dissoudre entièrement. J'y en remis encore une semblable, qui disparut le neuvième jour. Et enfin, y en aiant mis encore une autre de pareille grosseur à peu près; il y avoit encore le douxième jour une bulle de deux lignes & demi de diamétre, & le vingtième une de deux lignes. Ce qui fait voir que, comme le sel se dissoud plus facilement dans l'eau où il n'y en a point encore, que lorsqu'il y en a déja du dissous, l'air se dissoud aussi plus facilement dans de l'eau, d'où la matière aërienne a été chassée par la chaleur, & que ce qui

 reste

reste de l'air, s'insinue plus difficilement dans l'eau, que lorsqu'il y est mis fraîchement; car comparant le volume de ces goutes d'air, il s'en étoit dissous en douze jours les trois quarts, & dans les huit jours suivans, un huitième seulement.

Causes qui produisent cet effet.

Cet effet se fait apparemment par deux causes. La première est le pressement de l'air de l'atmosphére, qui pouvant élever l'eau de la bouteille jusqu'à trente-deux pieds, presse la petite bulle; ce qui lui aide à s'insinuer dans l'eau. La seconde est une disposition qui est en l'eau à dissoudre de certains corps, comme les sels, jusques à une certaine quantité; laquelle disposition peut aussi s'étendre à dissoudre & à absorber une certaine portion d'air, & non davantage.

Par les mêmes raisons, l'air qui est contigu à la surface d'une rivière ou d'un étang, s'y peut insinuer, étant pressé par le poids de l'air supérieur; d'où il s'ensuit que dans toutes sortes d'eaux il y a un peu d'air mêlé. J'ai observé que, si on met une petite bulle d'air de deux ou trois lignes dans une phiole de verre pleine d'eau de rivière non bouillie, il faut plus de quinze jours pour la faire entrer entièrement dans l'eau.

Si on fait la même expérience avec de l'huile qu'on aura tenue sur le feu jusques à ce qu'elle ne fasse plus de bruit ni d'écume, la bulle d'air n'entrera pas dans l'huile qu'on aura mise dans la bouteille, & demeurera sensiblement plusieurs jours dans sa même étenduë.

Etenduë & nature de l'air mêlé & dissous dans l'eau.

Il ne faut pas croire que l'air dissous & mêlé dans l'eau y conserve une étenduë égale à celle de celui que nous respirons; car il y est beaucoup plus condensé, & en cet état il ne doit pas être appellé air, mais matière aërienne. Je prouve cet effet par les expériences suivantes:

Je prens un petit vaisseau de verre de la figure d'un dé à coudre, mais un peu plus grand: je fais bouillir de l'huile dans un petit vaisseau jusqu'à ce qu'elle fume bien fort, sans faire de bruit ni d'écume, & l'aiant laissé refroidir, j'y couche de travers le petit verre, en sorte que l'huile passe environ deux ou trois lignes au-dessus: ensuite je dresse ce petit verre, sans qu'il y entre de l'air mettant le bout fermé vers le haut, & il demeure plein d'huile, quoiqu'il passe d'environ la moitié de sa hauteur au-dessus de la surface de l'huile du petit vaisseau: je mets une chandelle allumée au-dessous vis-à-vis du petit verre, & cette chandelle échauffant l'huile, en fait sortir de petites fumées qui font un peu crêper & rider sa surface en divers endroits; ce qu'on connoit par la réflexion des objets qui paroissent ondoïans; mais on ne voit point sortir d'air, & on n'en voit point aussi paroître au haut du petit verre, encore même que l'huile soit beaucoup échauffée.

Après quelque tems, je laisse refroidir l'huile, & j'y mets avec le bout d'une paille une goute d'eau; mais il faut beaucoup d'adresse pour la faire aller au fond; car si on la posoit sur l'huile, elle nageroit au-dessus: on peut la mettre dans une cueillére & la couvrir d'huile, la verser doucement

cement contre le fond du vaiſſeau, & après qu'elle ſera coulée juſques vers le milieu, on la couvrira avec le petit verre qui doit toûjours demeurer plein d'huile: enſuite on remet la chandelle ſous l'endroit où eſt la goute d'eau, & peu de tems après on voit ſortir de petites bulles d'air de cette goute d'eau qui s'élévent au haut du petit verre, & dans moins de cinq ou ſix minutes, on l'en voit rempli à moitié; je laiſſe refroidir l'huile, & cet air étant refroidi contient huit ou dix fois plus d'eſpace que la goute d'eau dont il eſt ſorti: d'où je tire une conſéquence, que cet air n'étoit pas ſelon cette dilatation dans la goute d'eau, mais qu'il y occupoit beaucoup moins de place. Et on ne peut pas dire qu'une partie de cet air ſorte de l'huile, puiſqu'avant que d'y mettre la goute d'eau, il n'en montoit point dans le petit verre, & aſſûrément il demeure encore quelque peu de cette matière aërienne dans la goute d'eau, mais il faut beaucoup de tems pour la diſpoſer à reprendre ſa conſiſtence d'air. Il y a ordinairement dans l'huile quelque peu de cette matière, à cauſe de l'eau qui y eſt mêlée; car on ne peut par aucune diſtillation purger entièrement l'huile de l'eau qui y eſt, & on y en trouve encore quelques goutes après l'avoir diſtillée plus de vingt fois. J'ai fait mettre dans la machine du vuide, de l'huile qui avoit été ſur le feu juſqu'à ne plus faire de bruit, & après qu'on eût très-bien vuidé l'air du récipient, il ſortit ſeulement quelques petites bulles de cette huile; mais l'aiant enſuite laiſſé geler (car c'étoit en Hiver) je la fis fondre auprès du feu, & l'aiant remiſe dans l'expérience du vuide, il n'en ſortit aucunes bulles: d'où je jugeai que cette huile n'avoit plus de matière aërienne, ou que s'il y en avoit quelque peu, elle n'étoit pas diſpoſée à reprendre ſa conſiſtence d'air, & par conſéquent que l'air qui dans l'expérience ci-deſſus monte dans le petit verre, ſort de la goute d'eau & non de l'huile; & qu'ainſi on peut être convaincu que l'air y eſt extrêmement condenſé, & y tient peu de place, mais il eſt difficile de ſçavoir comment ſe fait cette condenſation.

Pendant ces dernières expériences, il faut ôter quelquefois la chandelle, parce que l'eau s'échaufferoit trop ſi on la laiſſoit deſſous continuellement; & j'ai remarqué, que ſi on donne le feu un peu trop fort, il ſe fait de tems en tems de petites fulminations qui ſoulévent le petit verre, & le mettent en danger de ſe renverſer. Or la matière qui fait ces fulminations, eſt dans la goute d'eau, puiſque l'huile ſeule n'en donnoit point, & elle eſt apparemment différente de celle qui produit l'air peu à peu: car quoiqu'elle écarte preſque toute l'huile du petit verre, & qu'elle occupe pendant un moment la plûpart de ſa capacité, incontinent après elle ſe réduit comme à rien, & n'augmente pas ſenſiblement la quantité de l'air qui eſt déja au haut du petit verre; & par conſéquent c'eſt une matière qui ſe dilate beaucoup plus que l'air, lorſqu'elle a atteint un certain degré de chaleur, mais elle ne ſe dilate point à une médiocre chaleur, & ce peut être quelque choſe de ſemblable à ce

qui eſt dans le ſel de tartre, & dans le ſalpêtre qui fait fulminer ces matiéres, lorſqu'étant bien mêlées avec du ſoufre, on les laiſſe échauffer peu à peu; car ce mêlange arrive enfin à un degré de chaleur tel que ſe dilatant étrangement tout à coup, tout le compoſé ſe diſſipe & fait un bruit qui bleſſe l'ouïe.

Je reconnois encore cette matière fulminante dans l'eau par une autre expérience. Je mets un petit entonnoir de verre à goulet court dans un grand vaiſſeau plein d'eau, en ſorte que le goulet de l'entonnoir, étant en haut, ſoit couvert d'environ un pouce de hauteur: j'emplis un long matras d'eau, & aiant fait tremper le bout du cou dans l'eau du vaiſſeau, j'y introduis le goulet de l'entonnoir; & je l'y tiens affermi, en ſorte que la bouteille renverſée demeure toute pleine d'eau ſans qu'elle ſoit en danger de tomber: je poſe le vaiſſeau ſur un fourneau, & je lui donne une chaleur médiocre; alors on voit, dès que l'eau eſt médiocrement échauffée, des bulles d'air ſe former ſous l'entonnoir, & monter les unes après les autres dans le cou de la bouteille, & aller tout au haut, & faire deſcendre l'eau qui y eſt: mais cela ne continue pas plus d'un quart d'heure; car la matière aërienne étant preſque épuiſée, ou du moins celle qui y demeure, n'étant pas encore diſpoſée à reprendre ſa dilatation & ſon reſſort, il s'en éléve très-peu, encore qu'on faſſe chauffer l'eau davantage, ou qu'on la faſſe bouillir plus fort; mais de tems en tems il ſe fait des fulminations qui empliſſent tout à coup preſque tout le cou du matras, & chaſſent l'eau en haut, ſans que l'air qui eſt déja dans la pomme du matras, en ſoit ſenſiblement augmenté: d'où l'on peut juger que cette matière fulminante procéde des ſels qui ſont diſſous dans l'eau, & n'eſt pas la même que celle qui ſe dilate à une médiocre chaleur, & qui a toutes les propriétez de l'air; & c'eſt apparemment cette matière qui cauſe la continuation du bouillonnement de l'eau ſur un grand feu, juſqu'à ce qu'elle ſoit toute évaporée. Quelques Philoſophes croïent que ce qui fait le bouillonnement de l'eau, procéde du feu, qui fait paſſer des eſprits qu'ils appellent ignées, au travers des vaiſſeaux qui contiennent l'eau. Mais, ſi on conſidére que le feu n'a point d'autres eſprits que ceux de l'huile & des autres matières inflammables, & qu'il n'y a aucune vrai-ſemblance qu'il entre quelques particules d'huile ou de ſalpêtre, &c. dans l'eau, lorſqu'on la fait bouillir dans une bouteille de verre, puiſque cette eau conſerve ſa netteté; on ne fera point de difficulté de prendre cette opinion pour une erreur groſſière. On ne peut pas dire auſſi que ce qui fait bouillir l'eau, ſoit quelque ſubtile exhalaiſon de la matière des vaiſſeaux, puiſque lorſqu'on met au haut de l'huile une goute d'eau, elle jette de l'air & de la matière fulminante, quand elle eſt échauffée, auſſi-bien que celle qui eſt au fond du vaiſſeau.

Des cauſes par leſquel-

La matière aërienne diſſoute & condenſée dans l'eau en peut ſortir, & ſe remettre en air par trois cauſes différentes.

La

Les la matière aërienne diſſoute & condenſée dans l'eau peut en ſortir & ſe remettre en air. Première cauſe.

La première eſt par la chaleur, lorſque l'eau commence à bouillir: car ce premier mouvement de l'eau procéde de la matière aërienne qui ſe dilate & ſe remet en véritable air, & qui repouſſe l'eau en s'élevant; mais les grands bouillonnemens qui continuent juſqu'à ce qu'il n'y ait plus d'eau dans les vaiſſeaux qui ſont ſur le feu, procédent de la matière fulminante & du reſte de la matière aërienne, qui ne ſe diſpoſe que ſucceſſivement à reprendre ſa conſiſtence d'air, encore même que la chaleur ſoit beaucoup augmentée. Il arrive auſſi une reſtitution de cette matière en air, lorſque les particules de deux liqueurs mêlées enſemble ſe mettent en mouvement, & font une grande effervеſcence, comme quand on verſe de l'huile de tartre ſur de l'eſprit de ſalpêtre; car le mouvement violent que les particules de ces corps font en s'uniſſant enſemble, diſpoſe la matière aërienne qui y eſt mêlée, à reprendre ſa conſiſtence d'air, à cauſe que la matière fulminante que ces ſels contiennent, ſe dilatant extrêmement par ce mêlange, fait dilater auſſi en même tems la matière aërienne; & la dilatation de ces deux matières fait l'effervеſcence qu'on apperçoit dans ces expériences. Il n'eſt pas néceſſaire qu'il s'excite une chaleur ſenſible dans ces liqueurs, mais ſeulement un mouvement capable de mettre en dilatation la matière fulminante, & diſpoſer la matière aërienne à reprendre ſa conſiſtence d'air.

Seconde cauſe.

La ſeconde cauſe qui fait que la matière aërienne ſe remet en air, eſt lorſqu'on affoiblit le reſſort de l'air qui preſſe l'eau dans laquelle cette matière eſt engagée, comme on le voit dans l'expérience du vuide: car d'abord que l'air qui eſt dans le récipient, eſt diminué de moitié, & par conſéquent que le preſſement de ſon reſſort eſt affoibli de moitié; il commence à s'élever des bulles d'air de l'eau qui eſt ſous le récipient, de même que ſi on mettoit du feu deſſous. Cette expérience fait voir manifeſtement que ces bulles ne procédent pas des eſprits ignées, ou de la matière des vaiſſeaux.

Lorſqu'on continue à tirer l'air du récipient, il ſort un plus grand nombre de ces bulles, juſqu'à ce que la matière aërienne en ſoit dehors. Que ſi on joint ces deux cauſes enſemble, c'eſt-à-dire, ſi l'eau eſt chaude dans le tems qu'on pompe l'air; elle jettera deux ou trois fois autant de bulles dans le vuide, & ſouvent elle boût plus fort que ſi elle étoit ſur un grand feu, quoiqu'elle ne ſoit que tiéde.

Le même effet arrive à l'eſprit de vin: car encore qu'on ne l'ait point échauffé, la matière aërienne qui y eſt engagée auſſi-bien que dans l'eau, ſe dilate d'abord, & fait jaillir l'eſprit de vin par-deſſus les bords du verre: mais cette matière eſt bien-tôt épuiſée dans l'eſprit de vin, parce qu'elle s'en dégage très-facilement, & en ſort d'abord en grande abondance; au lieu qu'elle continue long-tems dans l'eau. Mais auſſi, ſi on emplit une petite bouteille de cet eſprit de vin dont la matière aërienne eſt ſortie, & qu'on plonge le goulet dans de l'eau, ou dans d'autre eſprit de vin, laiſſant une bulle d'air groſſe comme le bout du

doigt au haut de la bouteille renversée ; elle sera succée par l'esprit de vin en moins de trois heures : & si on y met encore une bulle d'air nouveau d'une pareille grosseur, elle y entrera encore en peu de tems ; au lieu que dans l'eau cet effet se fait bien plus lentement, comme il a été dit ci-dessus.

Troisième cause. La troisième cause du retour de la matière aërienne en air, procéde de la gelée : car les particules de l'eau s'accrochant alors les unes aux autres, cette matière qui ne peut s'y joindre & se geler, s'en sépare, & cessant d'être dissoute dans l'eau, elle reprend sa première consistence d'air ; de même que le sel dissous dans l'eau se remet en sel lorsqu'on y verse beaucoup d'esprit de vin, qui empêche l'action de l'eau sur le sel.

On voit le commencement & le progrès de cette séparation & de ce changement en air, lorsqu'on expose un verre plein d'eau à la gelée : car on y voit naître une très-grande quantité de petites bulles d'air, comme je l'ai expliqué dans le *Journal des Sçavans* ; & l'effet que produit cet air, fait connoître manifestement que la matière aërienne est beaucoup plus condensée dans l'eau, qu'elle n'est après s'être séparée de l'eau, puisqu'aiant repris la consistence d'air, elle fait fendre la glace & les vaisseaux qui la contiennent, par la force de son ressort. J'en ai vû une expérience surprenante dans l'Assemblée de l'Académie des Sciences, dans un canon de mousquet d'environ deux pieds de longueur, culassé par les deux bouts ; car l'eau qu'on y avoit mise pour se geler, se séparant de la matière aërienne, & cette matière reprenant sa consistence d'air, & ne trouvant aucune issuë pour sortir, ni de place pour s'étendre, avoit crevé le canon, quoiqu'il eût plus de quatre lignes d'épaisseur. L'eau qui se géle dans un verre, ne peut pas faire un si grand effort, parce qu'à mesure que la matière aërienne se dilate en air, une partie de cet air s'éléve au-dessus de l'eau, & passe par une petite ouverture qui demeure en la surface supérieure de la glace ; & l'autre partie qui s'attache en petites bulles contre le verre ou contre la glace, fait sortir par la même ouverture une partie de l'eau, qui se repand sur la glace qui est formée à l'entour : ce qui se reconnoit par l'élévation de la glace, proche de cette ouverture ; mais dans le canon la matière aërienne y étant demeurée toute entière & toute l'eau aussi, l'effort devoit être beaucoup plus grand.

C'est par cette raison que le verglas fait fendre les arbres : car l'intérieur des arbres se gelant, & la matière aërienne se dilatant en air, & ne trouvant point d'issuë à cause du verglas qui environne leurs tiges, enfin son ressort tout seul, ou joint à celui de la matière fulminante, les fait fendre avec un grand bruit, comme si on avoit allumé au dedans de la poudre à canon.

De l'explication de la dilatation & de la condensation de l'air. Cette propriété qu'a l'air de se dilater & de se condenser, est très-difficile à expliquer ; & c'est l'une de ces matières que l'esprit humain ne peut bien concevoir.

Quel-

Quelques-uns croïent avoir bien rencontré, quand ils disent que la raréfaction n'est autre chose qu'une séparation des particules qui composent les corps: ainsi ils disent que le vin est raréfié, lorsqu'on y mêle de l'eau, parce que l'eau se glissant entre les particules du vin, les sépare les unes des autres; & par la même raison ils soûtiennent, que de la cendre qu'on tient en la main, & qu'on jette à travers une chambre, est raréfiée, & qu'il n'y a point d'autre raréfaction dans la nature. Il n'y a rien de si aisé à concevoir que cette raréfaction: mais étant prise en ce sens, elle ne pourroit faire aucun effet considérable, & celle de l'air & de la poudre enflammée en fait de très-violens, & qu'on ne peut bien expliquer par une simple séparation de leurs particules, quelque mouvement qu'on leur puisse donner; ce qui se prouve par le calcul en cette sorte:

Qu'elle ne vient pas de la séparation des particules qui le composent.

Supposons qu'on ait mis 20 livres de poudre à canon sous une voûte, en 20 petits sacs suspendus; que les murailles qui soûtiennent la voûte, soient très-épaisses; mais qu'il n'y ait aucun poids sur la voûte que les seules pierres dont elle est construite; & qu'il y en ait seulement 54, dont chacune pése 500 livres: si on allume cette poudre, les pierres qui composent la voûte, seront forcées, & quelques-unes s'éléveront à plus de 20 pieds. Or je dis que les particules de la poudre enflammée qui choquent ces pierres, ne peuvent donner à chacune d'elles une telle élévation par la force de leur choc: car ces 20 livres étant poussées en circonférence, il n'y aura que la sixième partie, sçavoir environ 54 onces, qui choquera la voûte, le reste étant poussé vers le pavé qui est au-dessous de la voûte, & vers les quatre murailles qui la soûtiennent; & par cette raison chaque pierre de 500 livres ne sera choquée que par une once ou environ de ces particules. Supposons encore que ces particules aient un mouvement aussi vîte que celui d'un boulet qui sort d'un canon, & qui pourroit s'élever perpendiculairement à 3000 pieds de hauteur: donc ces particules iroient d'une vitesse à s'élever à 3 mille pieds, c'est-à-dire, à 36000 pouces, ou à 432000 lignes. Mais 500 livres font 8000 onces; & suivant les régles de la percussion, si la vitesse de l'once de poudre qui choque la pierre de 500 livres, est exprimée par 8001 degrez, elle ne donnera qu'un degré de vitesse à cette pierre par son choc. Mais parce que les élévations des poids à des hauteurs différentes se font selon les quarrez des vitesses, & que le quarré de 8001 est 64016001; il s'ensuit que la pierre ne devroit s'élever qu'à la hauteur d'environ $\frac{1}{148}$ de ligne, puisque 64016001 a même raison à l'unité, que 432000 lignes à $\frac{1}{148}$ de ligne à peu près. Donc cette élévation seroit insensible; ce qui répugne à l'expérience.

Preuve de cela par les effets de l'air & de la poudre enflammée.

D'ailleurs, si l'effort de la poudre se faisoit par le choc de sa matière, les pierres paroîtroient brisées & rompues en plusieurs endroits dans les murs qui demeurent debout; ce qui ne se remarque point. Lorsqu'on emplit de blé ou de pois mouillés un pot de terre étroit au haut, & qu'on

qu'on le met dans un four bien chaud, il ne se fait aucun choc, puisque l'eau ne s'insinue que peu à peu dans les pores de ces semences; & cependant elles font briser le pot en s'enflant peu à peu. D'où il suit, que les effets des mines se font par le seul ressort; c'est-à-dire, que quand la flamme de la poudre est disposée à occuper beaucoup plus de place que n'en contient la chambre où elle s'allume, elle s'appuïe de toutes parts contre les parois; & enfin la voûte étant la plus foible partie, les pierres en sont élevées avec grande force par l'accélération du mouvement causée par la dilatation successive de cette poudre allumée.

Il y a beaucoup de Philosophes modernes qui attribuent les violens effets de la poudre à canon à une poussière très-fine & très-menue, qu'ils appellent matière subtile, qui se meut incessamment avec une très-grande rapidité, & qui passe facilement par les pores des corps les plus durs. Mais cette hypothèse ne paroît pas bien concertée: car ce qui passe facilement à travers les pores, ne peut faire qu'une légére impulsion; & s'ils disent que cette poussière ne peut passer à travers la flamme du salpêtre, il est évident que c'est une pure pétition de principe, & qu'il n'y a aucune apparence que la flamme de la poudre n'ait pas des pores aussi grands que l'acier, le marbre, l'eau, &c. Mais, quand on leur accorderoit cette supposition, ils n'en pourroient rien conclure de vraisemblable, puisque le cours de cette poussière menue pourroit enfiler un canon en un sens contraire à la direction de la balle, & en ce cas elle emporteroit la culasse du canon, la balle demeurant immobile. Que s'ils disent que cette poussière se meut en tous sens; on peut répondre que dans un tel mouvement elle ne feroit rien mouvoir: car plusieurs particules se rencontrant directement, elles se réfléchiroient, mais elles en rencontreroient d'autres qui les repousseroient encore, & ainsi à l'infini; ce qui les empêcheroit de faire aucun effet considérable. Ainsi il arrive souvent qu'il se fait un grand calme quand deux vents contraires se rencontrent avec une même force. Et je ne puis concevoir comme quoi cette poussière pourroit se disposer pour produire l'effet qui arriveroit si le feu se mettoit en un tas de 100 milliers de poudre: car il y auroit autant de petits jets de cette matière subtile qui se porteroient vers le milieu de la poudre, que de ce milieu vers la circonférence; & par cette raison la flamme ne prendroit aucun mouvement sensible: au lieu qu'une telle quantité de poudre allumée renverseroit toutes les maisons d'une ville, & étendroit sa violence jusques à plus de deux ou trois lieuës. A quoi on peut ajoûter, que puisque des goutes d'eau tombant continuellement creusent les pierres les plus dures, il y a long-tems que tous les corps solides seroient réduits en atomes par le choc d'une matière dure qui seroit mûe incessamment avec une rapidité inconcevable.

De toutes ces raisons & de plusieurs autres qui se présentent facilement à la pensée, on peut conclure qu'il n'y a point de telle poussière, ni

ni dans le globle de la terre, ni dans l'eau, ni dans l'air. Auſſi n'eſt-elle nullement néceſſaire pour les effets naturels: car, par exemple, pour expliquer pourquoi les parties de l'eau ſont perpétuellement agitées, il n'eſt pas beſoin de recourir à cette matière ſubtile, puiſque les vapeurs qui s'élévent perpétuellement de l'eau, ſont plus que ſuffiſantes pour lui donner cette agitation en la traverſant. On dira de même à l'égard de pluſieurs autres effets naturels. Comme pour empêcher qu'il ne ſe faſſe des vuides conſidérables entre les corps terreſtres, la propriété de la matière aërienne de ſe remettre en air lorſqu'elle n'eſt plus preſſée par le poids de l'atmoſphére ou par celui de quelqu'autre corps, eſt plus que ſuffiſante: car lorſqu'on fait l'expérience du barométre ſans y mettre de l'air, & que le mercure s'étant mis à 27 ou 28 pouces, il demeure 7 ou 8 pouces de vuide dans le tuyau, s'il eſt de 35 ou de 36 pouces; la matière aërienne qui eſt dans le mercure reprend ſa conſiſtence d'air, & s'éléve dans cet eſpace, qui autrement demeureroit vuide, & s'y dilatant extrêmement par la vertu de ſon reſſort, elle remplit tout l'eſpace d'où le mercure eſt tombé.

Cette hypothèſe ſe confirme lorſqu'on réïtére pluſieurs fois la même expérience avec le même mercure, ou avec d'autre qu'on a laiſſé long-tems dans la machine du vuide. Car enfin ce mercure ſe purge entièrement de la matière aërienne, ou du moins celle qui reſte, n'eſt pas encore diſpoſée à ſe remettre en air: & alors, ſi on emplit de ce mercure un tuyau de 40 ou 50 pouces de hauteur, & qu'on mette ſi exactement le doigt ſur le bout ouvert, qu'il ne demeure point du tout d'air dans le tuyau, & qu'on faſſe l'expérience bien doucement; le mercure ne quittera point le haut du tuyau, quoiqu'on ôte le doigt, mais il demeurera entièrement ſuſpendu; ce qui n'arriveroit point, s'il y avoit de la matière ſubtile qui pût ſe couler entre-deux.

J'attribue cet effet à la contiguïté naturelle de tous les corps, & à la loi ou régle de la nature, par laquelle les corps contigus ne ſe ſéparent point, ou réſiſtent à être ſéparés, ſi quelqu'autre corps ne ſe gliſſe entre-deux. Et parce qu'alors la matière aërienne eſt épuiſée, & qu'il n'y a point d'autre air ou d'autre matière qui puiſſe ſe mettre entre le haut du tuyau, & le mercure; il ne deſcend point: il eſt vrai que, ſi on donne un grand coup contre le tuyau, le mercure tombe, parce que quelques particules de la matière aërienne qui n'étoient pas encore diſpoſées à ſe mettre en air, s'y diſpoſent par le choc; comme les parties inflammables d'une pierre à feu ſe mettent en feu, lorſqu'on les briſe par le choc d'une autre pierre ſemblable, ou de quelqu'autre corps fort dur.

On voit cela manifeſtement, lorſqu'on met ſous un récipient dans la machine du vuide, un verre où il y ait un peu d'eau dans laquelle ſoit plongé le bout du goulet d'un petit matras rempli entièrement d'une eau bien purgée de la matière aërienne: car on pompe l'air fort long-tems,

 ſans

ſans que l'eau quitte le haut de la pomme du matras, & elle ne tombe point, juſqu'à ce qu'enfin il s'y forme quelques petites bulles d'air qui montant au haut du matras ſe mettent entre le verre & l'eau; ce qui fait qu'elle commence à deſcendre; mais s'il ne monte point de bulles vers le haut du matras, l'eau ne deſcend point.

Que ſi on choque rudement la machine, & qu'on faſſe choquer par ce moïen un peu rudement l'eau du verre contre le cou du matras, on voit comme de petites étincelles ou parcelles d'air en ſortir; mais l'eau ne tombe point s'il ne ſe fait quelques bulles dans l'intérieur du matras qui puiſſent monter juſques au haut, & ſe mettre entre l'eau & le verre pour les déſunir.

C'eſt par ce même mouvement de contiguïté ou inſéparabilité, que deux piéces de marbre planes & bien polies, étant jointes, ne peuvent être ſéparées qu'avec un grand effort. On attribue cet effet au preſſement de l'air: mais il ſe fait également bien dans la machine du vuide, où le reſſort de l'air eſt très-foible; car s'il faut trois livres de poids pour faire cette ſéparation dans l'air libre, il en faut auſſi trois dans le vuide, comme on l'a vû par pluſieurs expériences; & les ſiphons, ſoit avec de l'eau, ſoit avec du mercure, font le même effet dans le vuide que dans l'air, pourvû qu'ils ſoient bien purgés de la matière aërienne.

Lorſque dans les expériences de la machine du vuide, l'air du récipient eſt preſque entièrement pompé; les bulles d'air qui ſe forment au bas d'un verre plein d'eau, ſe groſſiſſent démeſurément en montant à la ſurface de l'eau; ce qu'on peut expliquer en cette ſorte:

Lorſqu'au commencement de l'évacuation de l'air dans le récipient il s'éléve des bulles de l'eau du verre, le reſſort de l'air étant encore équivalent au poids de 12 ou 15 pieds d'eau, le poids d'un peu d'eau de 3 ou 4 pouces de haut qui eſt dans le verre, n'eſt pas beaucoup conſidérable, & ainſi les goutes d'air ſont toûjours preſque également preſſées au-deſſous & au-deſſus de l'eau. Mais lorſque le reſſort de l'air eſt entièrement affoibli; ſuppoſant que l'eau du verre fût de quatre pouces de hauteur, alors les bulles qui ſe forment au fond, ne ſont chargées que de la 96e partie de la peſanteur de l'air (pour la facilité du calcul, on ne conſidére point ici le peu d'air très-raréfié qui demeure dans le récipient). Donc la bulle, étant montée à deux pouces, ſera deux fois plus dilatée qu'elle n'étoit au fond du verre, & 192 fois plus que l'air commun; & lorſqu'elle eſt montée à trois pouces, elle l'eſt 384 fois davantage; & 768 fois, quand elle n'a plus que 6 lignes d'eau par-deſſus; & alors elle eſt 8 fois plus grande qu'elle n'étoit au fond du verre. Il arrive même que les autres parties de la matière aërienne ſe trouvant contigues à cet air déja formé, elles ſe diſpoſent plus facilement à ſe remettre en air; ce qui aide à groſſir les bulles: & c'eſt la raiſon pourquoi, lorſqu'on fait le vuide ou qu'on fait chauffer de l'eau dans un vaiſſeau ſur le feu, on voit for-

sortir des bulles en de certains endroits, qui se succédent les unes aux autres très-vîte, & paroissent comme un filet de perles; car le mouvement de la bulle qui monte en haut, & la place vuide d'eau qu'elle occupe, dispose les parties aëriennes qui sont voisines, à se mettre semblablement en air.

On pourroit ici demander, jusques où se peut étendre cette dilatation de l'air? Voici l'expérience que j'en ai vû faire: On plongea le goulet d'une bouteille pleine d'eau dans un verre à boire qui en étoit rempli à moitié, & les aiant mis sur la machine du vuide, on les couvrit d'un récipient; on en tira l'air peu à peu, & quelques bulles étant montées au haut de la bouteille, l'eau descendit peu à peu jusques au goulet, & ensuite jusqu'au-dessous de la surface de l'eau du verre qui s'étoit élevée par la chûte de celle de la bouteille. Or en cet état, l'air enfermé avoit encore quelque vertu de ressort, & n'avoit pas son étenduë naturelle, puisqu'il soûtenoit l'eau du verre au-dessus de celle qui étoit dans le cou de la bouteille; mais après qu'on eût fait rentrer l'air dans le récipient, l'eau remonta dans la bouteille, & il resta seulement une bulle d'air au haut d'environ deux lignes de diamétre, laquelle étant comparée à la capacité de la bouteille, je trouvai par le calcul, qu'elle n'en occupoit pas $\frac{1}{4000}$, & par conséquent que l'air de cette bulle avoit été quatre mille fois plus raréfié, & avoit encore conservé une partie de son ressort, par laquelle il faisoit équilibre au poids de ce peu d'eau qu'il soûtenoit, & au ressort de l'air qui étoit encore sous le récipient, mais beaucoup plus raréfié; car si l'air du matras & du récipient eussent été raréfiés également, celui du matras seroit demeuré à fleur-d'eau.

Pour expliquer en général la raréfaction & la condensation de l'air, son mélange & la dissolution dans l'eau, on peut concevoir que l'air est quelque chose de semblable à du cotton, qui étant pressé occupe un très-petit espace, & qui peut s'étendre à un beaucoup plus grand: on peut remarquer, que lorsqu'on verse de l'ancre dessus, elle n'y entre pas d'abord, & il demeure tout blanc dans le milieu, sans que l'ancre y pénétre. Par cet exemple, on peut comprendre pourquoi l'eau entre difficilement dans les intervalles des bulles d'air, mais qu'enfin elle y entre, & que lorsque cette matière remplie d'eau dans ses intervalles est excitée par la chaleur, elle se met en mouvement & repousse l'eau: & comme le cotton peut se développer, & occuper un bien plus grand espace qu'il n'occupe ordinairement, l'air tout de même développe ses spires, & les unes s'appuïant sur les autres, elles agissent en ressort, & repoussent de toutes parts par leur mouvement les autres liqueurs, & les corps qui les pressent. Il ne faut point croire que la chaleur insinue quelques esprits ignées dans l'air pour le dilater; car les corps s'échauffent sans qu'il y entre aucune matière du dehors, comme quand on bat une balle de plomb à coups de marteau, ou que les rouës de carrosse s'allument en tournant très-vîte.

Explication générale de la raréfaction & de la condensation de l'air, &c.

L'esprit de vin, l'huile, & l'eau-même, se dilatent par la chaleur, sans qu'on y voïe former des bulles d'air; & à plus forte raison il n'est pas nécessaire que l'air reçoive aucune matière de dehors, mais seulement qu'il développe ses spires, & qu'il écarte les autres corps qui le pressent.

Que l'air n'a de soi aucune chaleur.

Il est bon de remarquer ici que l'air de soi-même n'a aucune chaleur, & qu'étant éloigné des causes qui la produisent, comme du feu ou du soleil, &c. il perd peu à peu celle qu'il en a reçûe, & devient enfin très-froid par la communication qu'il a avec l'air supérieur, qui est toûjours très-froid, à cause que sa transparence l'empêche de recevoir l'impression du soleil, & que la réflexion des rayons, & les vapeurs chaudes de la terre ne peuvent atteindre jusques à lui. On peut connoître manifestement ce grand froid de l'air supérieur par les neiges perpétuelles qui couvrent les hautes montagnes, même sous la zone torride: & lorsque l'air devient tout à coup très-froid aux mois de Mai & de Juin, cela procéde du mouvement des vents qui rabattent l'air supérieur contre la terre, & refroidissent par ce moïen celui qui y étoit, ou le chassent en haut.

Remarques & expériences sur l'étenduë de la dilatation de l'air.

Il est évident par l'expérience ci-dessus, que l'air peut se dilater plus de quatre mille fois davantage qu'il n'est près de la terre, avant que d'être dans sa dilatation naturelle, telle qu'il l'a au-delà de l'atmosphére, où il n'est chargé d'aucun poids; mais il est très-difficile de déterminer jusques où s'étend cette dilatation, & même de sçavoir quelle est la hauteur de l'atmosphére.

Quelques-uns ont cru, que cette hauteur n'étoit que de deux ou trois lieuës: car aiant observé qu'au bas d'une tour de 220 pieds le mercure du barométre étoit moins haut qu'au-dessus, d'environ trois lignes; & que les 28 pouces de mercure ne contenoient que 336 lignes, qui divisées par 3 ne donnent que 112 divisions: ils multiplioient 112 par 220 pieds, dont le produit est 24640 pieds, & prenant un peu plus de 2000 toises pour lieuë, ces 24640 pieds ne faisoient que deux lieuës. Mais cette manière de mesurer la hauteur de l'air n'est pas juste. En voici une qui doit approcher bien plus près de la vérité.

Il faut remarquer les changemens des barométres en des lieux de différentes hauteurs, comme au-bas & au-dessus d'une haute tour, ou d'une montagne, & en faire plusieurs observations; car il s'y trouve des irrégularitez, à cause du mouvement qu'on donne au mercure en montant ou en descendant.

Mr. *Toinard* m'a dit qu'il a trouvé à *Orléans* 5 lignes de différence sur 300 pieds de hauteur. Monsieur *Rohaut* donne 3 lignes de différence pour une hauteur de 216 pieds. Quelques autres ont assûré avoir trouvé deux lignes de différence sur la hauteur de 148 pieds en la tour de *S. Jaques* de la boucherie à *Paris*. La première observation donne 60 pieds pour ligne, la seconde 72, & la troisiéme 74.

J'en

J'en ai fait deux expériences à l'Obſervatoire. La première fois je trouvai un peu plus de $\frac{4}{3}$ de ligne de différence depuis le bas de la cave juſques au haut; & depuis ce lieu juſques ſur la platte-forme, il ſe trouva encore un peu plus de $\frac{4}{3}$ de ligne: chacune de ces hauteurs eſt de 84 pieds.

Je recommençai l'expérience avec Meſſieurs *Caſſini* & *Picard*, & nous trouvâmes quelques inégalitez entre deux différentes obſervations. On prit deux barométres. L'un étoit à 27 pouces 10 lignes avant que de l'ôter du lieu où il étoit; on le deſcendit dans la cave, qui eſt 134 pieds plus bas, & il monta à 28 pouces moins $\frac{1}{6}$ de ligne; la différence eſt 2 lignes moins $\frac{1}{6}$; ce qui fait moins de 4 tiers de ligne pour 84 pieds. On trouva dans l'autre barométre, de même que dans ma première expérience, que depuis le bas de la cave juſqu'à 84 pieds il étoit deſcendu de $\frac{4}{3}$ de ligne, & depuis ce lieu juſqu'à une pareille hauteur de 84 pieds, il deſcendit encore de $\frac{4}{3}$ de ligne à peu près; ce qui fait 63 pieds pour une ligne. Mais, parce que l'expérience d'*Orléans* ne donne que 60 pieds, je prens, pour la facilité du calcul, 60 pieds d'air pour une ligne de mercure, & je diviſe toute l'atmoſphére en 4032 diviſions, chacune d'un poids égal, ou d'une même quantité de matière, quoique diverſement dilatées ſuivant leurs différentes élévations: je ſuppoſe que dans le lieu où l'on commence l'obſervation, les barométres s'élévent à 28 pouces préciſément, qui font 336 lignes; & multipliant ces 336 lignes par 12, le produit eſt 4032, qui eſt le nombre des diviſions que je donne à l'air, chacune deſquelles ſera d'un 12[e] de ligne; & parce que 60 pieds par ſuppoſition font une ligne au plus bas lieu, 5 pieds feront un 12[e] de ligne: donc la première diviſion ſera de 5 pieds; & parce que depuis la terre juſques à la moitié de l'atmoſphére il y a 2016 diviſions, & qu'en la plus haute de ces 2016 diviſions, l'air y doit être deux fois plus raréfié, à cauſe qu'il ne ſoûtient que la moitié du poids de l'atmoſphére (il peut l'être un peu moins à cauſe du froid qui y règne); cette 2016[e] partie aura 10 pieds d'étenduë, & les 2016 diviſions vont toûjours en croiſſant proportionnellement depuis 5 pieds juſques à 10. On pourra ſçavoir l'augmentation de chacune par les régles dont on ſe ſert pour trouver les logarithmes: mais parce que la ſomme des progreſſions géométriques, ne différe guéres de la ſomme qu'on trouveroit en prenant ces progreſſions ſelon la proportion arithmétique, je fais ici le calcul ſuivant cette dernière proportion, & pour avoir la ſomme je prens 7 & demi moïen arithmétique entre 5 & 10, que je multiplie par 2016; le produit 15120 pieds, ſera toute l'étenduë de l'air depuis le lieu de l'obſervation juſques à la moitié de l'air en peſanteur, c'eſt-à-dire, juſques à la 2016[e] diviſion, & toute cette étenduë péſera autant que 14 pouces de mercure, ou 168 lignes. Or 15120 pieds font un peu plus que les 5 quarts d'une lieuë françoiſe. On ſuppoſe pour la facilité du calcul que chaque diviſion de 5 pieds a toutes ſes parties également étenduës,

quoique

quoique celles du cinquième pied ſoient un peu plus dilatées que celles du premier; mais cette différence eſt comme inſenſible & changeroit peu le calcul.

La moitié du reſte de l'air aura 1008 diviſions: & parce que la première de ces 1008 eſt de 10 pieds à peu près, & la plus haute de 20, puiſqu'elle eſt de moitié moins chargée, il faut prendre 15 pour le nombre moïen, qui, multiplié par 1008 diviſions, donne encore le même nombre de 15120 pieds ou 5 quarts de lieuë. La moitié du reſte aura 504 parties, dont la plus haute aura 40 pieds d'épaiſſeur, & la plus baſſe 20; & par les mêmes raiſons le produit de 30, étenduë moïenne, par 504, qui eſt encore 15120 pieds, ou 5 quarts de lieuë, ſera l'étenduë de ces 504 parties, & toûjours chacune de ces parties péſera un 12e de ligne; & en continuant de même, on trouvera 5 quarts de lieuë pour les 252 parties ſuivantes, autant pour les 126, & de même pour les 63, $31\frac{1}{2}$, $15\frac{1}{4}$, $7\frac{7}{8}$, $3\frac{15}{16}$, & $1\frac{31}{32}$, qui auront toutes chacune 5 quarts de lieuë; & donnant encore à la dernière 5 quarts de lieuë, on trouvera en tout 12 fois 5 quarts de lieuë, c'eſt-à-dire, 15 lieuës, ou 184320 pieds.

Que ſi on ſuppoſe que l'air étant raréfié 4032 fois n'a pas encore ſon étenduë naturelle: qu'on le ſuppoſe 8064 ou 16128, ou 32256 fois davantage qu'ici bas; cette dernière ſuppoſition n'ajoûtera que 15 quarts de lieuë, ou 4 lieuës au plus, tellement que ſelon cette hypothèſe toute l'étenduë de l'air ne pourroit aller qu'à environ 20 lieuës: & quand l'air ſeroit huit millions de fois plus raréfié que celui qui eſt proche de la ſurface de la terre, toute ſon étenduë, ſuivant la même progreſſion, n'iroit pas à 30 lieuës.

Pour confirmer la bonté de ce calcul de la hauteur de l'air, je l'appliquerai à deux célébres obſervations, dont l'une eſt rapportée dans le livre de Monſieur Paſchal de l'*Equilibre des liqueurs*, & l'autre a été faite depuis quelques années par Monſieur *Caſſini*. Celle de Monſieur *Caſſini* eſt telle:

Il prit la hauteur d'une montagne de *Provence* qui eſt ſur le bord de la mer, & il la trouva de 1070 pieds; le mercure du barométre dont il ſe ſervoit, étoit à 28 pouces au plus bas lieu, & au ſommet de la montagne il ſe trouva deſcendu de 16 lignes & un tiers.

Or ſi l'on ſuppoſe 63 pieds pour une ligne, comme on l'a obſervé deux fois dans l'Obſervatoire, & que l'air peſât 28 pouces de mercure au tems de ſon obſervation au bas de la montagne, & qu'on diviſe tout l'air en 336 parties d'égale peſanteur; chaque diviſion péſera une ligne de mercure, & par conſéquent la première ſera de 63 pieds de hauteur. Suivant donc les raiſonnemens ci-deſſus, on fera le calcul en cette ſorte:

D'autant que dans l'endroit qui diviſe l'air en deux parties d'égale peſanteur où eſt la 168e diviſion, cette partie doit avoir 126 pieds de lar-

largeur, sçavoir le double de 63; & que chaque division en montant croît toûjours un peu: si on prend ces différences en progression arithmétique, & qu'on divise ces 63 pieds par 168, chaque division augmentera de $\frac{63}{168}$. Si on multiplie les 16 divisions dont chacune pése une ligne, par 63, le produit sera 1008, à quoi ajoûtant le tiers de 63 à cause du tiers de ligne, la somme sera 1029, & y ajoûtant 51, produit de $\frac{63}{168}$ par 136, somme de la progression de chaque augmentation jusques à 16, le tout sera 1080 pieds, qui sera la hauteur où le barométre devoit diminuer de 16 lignes un tiers; ce qui approche de fort près les 1070 pieds observés par Monsieur *Cassini*.

La 2e. observation a été faite sur une haute montagne proche la ville de *Clermont* en *Auvergne*, dont voici les principales circonstances:

Le mercure du barométre au plus bas lieu de *Clermont*, étoit à 26 pouces 3 lignes & demi; aiant été porté à 27 toises de hauteur dans la montagne, il descendit à 26 pouces 1 ligne; à 150 toises, il descendit à 25 pouces; & enfin vers le dessus de la montagne, 500 toises plus haut que le plus bas lieu de *Clermont*, le mercure se mit à 23 pouces 2 lignes: la différence entre la première & la dernière de ces observations est de 3 pouces une ligne & demi, c'est-à-dire, 37 lignes & demi.

La première observation fait connoître que le plus bas lieu de *Clermont* est beaucoup plus élevé que les caves de l'Observatoire, & par conséquent qu'une ligne de mercure y doit valoir plus de 63 pieds: on le peut calculer en cette sorte:

La différence entre 26 pouces 3 lignes & demi, & 28 pouces, est 20 lignes & demi, qui font 20 divisions & demi; & selon le calcul ci-dessus, la dernière division doit augmenter d'environ 7 pieds au-dessus de 63; car le produit de 63 par 21, divisé par 168, donne un peu plus de 7 pieds, qui ajoûtés à 63 donnent 70 pieds. Supposant donc que la première ligne de mercure valût alors 70 pieds d'air, à compter depuis le plus bas lieu de *Clermont*, on calculera la hauteur du lieu de la dernière observation en cette sorte:

La différence entre 26 pouces 3 lignes & demi & 23 pouces 2 lignes est 37 lignes & demi; le produit de 70 par 37 & demi est 2625; & parce que tout le poids de l'air n'étoit que de 26 pouces 3 lignes & demi de mercure, c'est-à-dire, 315 lignes & demi, dont la moitié est 158 à peu près, il faut prendre $\frac{70}{158}$ pour l'augmentation qu'on doit donner à chaque division, au lieu des $\frac{63}{168}$ de l'observation de Mr. *Cassini*: la somme de la progression des 37 divisions & demi est 712 à peu près, dont le produit par $\frac{70}{158}$ est un peu plus que 315, qui ajoûtés à 2625 font 2940 pieds, ou 490 toises, au lieu des 500 que les Observateurs ont données à la hauteur de la montagne.

Si on calcule de même les deux premières observations de 27 toises & de 150, on trouvera que le mercure devoit moins descendre en l'une & en l'autre qu'il ne fit; au lieu qu'en celle de 500 toises, il devoit

voit descendre un peu plus bas que 23 pouces 2 lignes. Ces différences, dont la première & la dernière sont peu considérables, peuvent procéder de plusieurs causes: sçavoir, qu'on ne prit pas exactement les hauteurs dans la montagne: qu'il y eut quelques différences de vents pendant les différentes observations: qu'on avoit laissé un peu d'air enfermé dans le barométre qui augmentoit ou diminuoit la force de son ressort, selon les différens degrez de chaleur qu'il recevoit: ou que le mouvement qu'on donnoit au mercure en marchant, faisoit quelques changemens dans les hauteurs qu'il devoit prendre: ou enfin que la même quantité d'air pése un peu davantage proche de la terre, qu'à 300 ou 400 toises plus haut; de même que le fer qui est éloigné de trois ou quatre pouces de l'aiman, ne fait pas un aussi grand effort pour se mouvoir vers lui, que lorsqu'il n'en est qu'à un pouce.

Si on recommençoit un jour cette observation, & qu'on la voulût faire bien exacte, il faudroit suspendre le barométre en montant, de telle sorte qu'on ne donnât que très-peu de mouvement au mercure: il seroit nécessaire aussi de marquer dans la relation les médiocres hauteurs où s'éléve le mercure des barométres dans le plus bas lieu de *Clermont* pendant toute l'année; avec quelle exactitude on auroit nivellé les hauteurs de la montagne; quel vent auroit souflé pendant les observations, &c.

Conséquences des expériences & des raisonnemens précédens.

Il suit des expériences & des raisonnemens ci-dessus, que si on mettoit de l'eau tiéde à cinq quarts de lieuë de hauteur, elle bouilliroit; puisque si on en met dans la machine du vuide, elle boût très-fort, dès qu'on a diminué de moitié l'air qui est sous le récipient. Il s'ensuit aussi que s'il y avoit une montagne de la hauteur d'une lieuë & demi, les hommes & les oiseaux n'y pourroient vivre; parce que leur sang n'étant plus pressé que par la moitié du poids de l'air, & encore moins, & étant plus chaud que de l'eau tiéde, il en sortiroit quantité de bulles d'air, qui empêcheroient sa circulation, & troubleroient l'œconomie naturelle du cœur, & des autres parties du corps.

On peut aussi par les mêmes expériences expliquer plusieurs effets naturels. Comme si on demande d'où vient que les nuées ne s'élévent que jusqu'à une médiocre distance de la terre; on peut répondre que l'air étant deux fois moins condensé à cinq quarts de lieuë de hauteur qu'il n'est vers la surface de la terre, les vapeurs qui se sont élevées plus haut que l'air grossier, trouvant un air beaucoup plus léger, elles ne peuvent monter plus haut, tant à cause de la légéreté de cet air supérieur, que parce que le froid qui y régne, les condense & les rend plus pesantes. D'où il arrive que, lorsqu'il y en a beaucoup d'amassées, leurs petites parties se joignent ensemble, & forment les pluies. On voit un semblable effet dans la machine du vuide: car au moment que l'air qui est sous le verre, est doublement raréfié, & même un peu moins; on voit tomber une petite pluie qui se forme des vapeurs imperceptibles

qui

qui voloient dans cet air enfermé, lequel les laiſſe tomber, ne pouvant plus les ſoûtenir pour être trop dilaté. De-là on peut juger, que, s'il y avoit un vaiſſeau de cinq ou ſix pieds de hauteur plein d'eau, elle bouïlliroit difficilement, puiſque le poids de ſix pieds d'eau étant conſidérable, la matière aërienne ſeroit plus empêchée de ſe dilater pour ſe mettre en bulles, que ſi elle n'étoit chargée que d'une petite hauteur d'eau. On pourroit douter ſi au-deſſus de l'air il n'y a pas un vuide parfait, ou une autre matière plus ſubtile, ou même ſi la dilatation de l'air ne va pas à une plus grande étenduë que de 20 ou 30 lieuës; puiſqu'il y a quelque vrai-ſemblance qu'il doit s'étendre juſqu'à la lune. Mais en ce dernier cas, il faudroit croire que celui qui eſt fort élevé, a beaucoup moins de mouvement vers la terre à proportion de ſa dilatation, que celui qui n'en eſt éloigné que d'une lieuë ou de deux. Par cette hypothêſe & par celle du mouvement de la terre, on pourroit expliquer aſſez bien le mouvement de la lune autour de la terre; ſes apogées & périgées, &c.

L'air a encore beaucoup d'autres proprietez qui ſont difficiles à expliquer. Mais quelques Philoſophes lui en attribuent auſſi beaucoup qu'il n'a pas; par exemple, qu'il ſe change en ſalpêtre, en s'inſinuant dans les terres, & dans les plâtras: car ce n'eſt pas de l'air que procéde la génération du ſalpêtre, mais des particules de ſalpêtre que la chaleur fait élever dans l'air, & qui retombent avec les pluies; j'en ai fait l'expérience ſuivante:

Des proprietez qu'on attribue fauſſement à l'air.

J'ai tenu pendant près de deux ans auprès d'une grande fenêtre ouverte dans une chambre d'un quatrième étage, un panier plein de plâtras, deſquels on avoit tiré du ſalpêtre, pour ſçavoir ſi l'eſprit nitroaërien de l'air, comme quelques Chymiſtes le nomment, y formeroit de nouveau ſalpêtre. Mais, après les avoir leſſivés & fait évaporer l'eau, il ne parut pas un atome de ſalpêtre dans la réſidence, en la jettant dans le feu; au lieu que de ſemblales plâtras aiant été mis pendant le même tems dans une cave ſur de la terre affermie, après avoir bien nettoïé la place, il s'y en trouva conſidérablement ſans y avoir rien mêlé de la terre de la cave. Ce qui m'a fait juger que le ſalpêtre s'éléve de la terre à ſa ſurface, & gagne peu à peu le haut des maiſons; & que celui qui dans les nuées concourt à la production du tonnerre, y eſt élevé avec les exhalaiſons inflammables. Et quoique l'air ſoit néceſſaire pour entretenir la flamme, il ne s'enſuit pas que l'air ſe change en feu, ni qu'il donne une matière nitroaërienne pour l'entretenir: il faut plûtôt croire que la flamme s'éteint ſi elle eſt trop preſſée par le reſſort de l'air, & que ſi elle n'eſt pas aſſez preſſée, elle ſe diſſipe; d'où il arrive que dans la machine du vuide on ne peut allumer d'autre flamme que celle de la poudre à canon, encore très-difficilement. Cette flamme de la poudre s'allume dans les lieux ſerrés où il y a peu d'air, & elle force le reſſort de l'air, parce que l'eſprit du ſalpêtre ſe dilatant ſoufle le feu

du charbon & du soufre, & le contraint de s'allumer par ce mouvement, & dans le vuide il fait le même effet. Il arrive aussi que, lorsqu'il y a trop de vapeurs à l'entour de la flamme, elle s'éteint, comme on le voit dans les caves où il y a du vin nouveau qui jette ses fumées; car les chandelles s'y éteignent, particulièrement lorsqu'on les met près de la terre, à cause qu'il y a là plus de vapeurs que vers le haut de la voûte. Ce dernier effet se prouve en mettant un gros charbon ardent dans de l'eau, & le couvrant promptement avec un grand verre à boire: car le verre s'emplit de fumées & de vapeurs; mais peu à peu le haut du verre s'éclaircit, & on ne voit plus de vapeurs qu'au bas du verre, proche la surface de l'eau, où enfin elles se réünissent.

Si on met dans un air trop pressé un charbon allumé, il s'amortit; mais si on le soufle, il se rallume; ce qui fait connoître que le vent que produit le salpêtre, peut tenir allumée la flamme pressée, & l'empêcher de s'éteindre.

De quoi l'air n'est pas composé.

On ne doit pas dire aussi que l'air soit composé des vapeurs & des poussières qui y sont mêlées, non plus que les sels dissous dans l'eau, ni les terres qui la rendent trouble, ne sont pas des parties de l'eau: & lorsqu'en Eté les verres remplis d'une eau très-froide se ternissent au dehors, il ne faut pas croire que ce soit l'air qui s'y réduise en vapeurs, mais bien, que les vapeurs invisibles qui volent dans l'air, s'y condensent par le froid, & y forment enfin de petites goutelettes d'eau semblables à celles que le soufle fait paroître sur les miroirs en Hiver.

Si les verres sont encore mouillés de l'eau dont on les a lavés, ils ne se ternissent pas, quoiqu'on y mette de la glace dans l'eau qui y est; parce que les vapeurs de l'air se joignent à l'eau extérieure, & s'étendent avec elle, & par ce moïen il ne se fait point de ces petites goutelettes séparées qui ternissent le verre.

Ce n'est pas aussi l'air qui résoud les sels dans les tems humides; mais ce sont les vapeurs aqueuses qui voltigent dans l'air, qui s'y attachent.

Qu'il ne résoud pas les sels dans les tems humides, & qu'il n'est pas de soi la cause de la corruption.

L'air n'est point de soi la cause de la corruption des fruits, du vin, &c; mais la seule facilité de l'évaporation de quelques particules de ces substances, lorsqu'elles sont exposées au grand air; c'est ce qui fait éventer le vin, & passer les fruits en peu de tems; au lieu que s'ils sont enfermés avec peu d'air, ils se conservent fort long-tems.

Les herbes pressées entre deux linges demeurent vertes deux ou trois jours, même en Eté; au lieu qu'elles se flétrissent en moins d'une heure étant exposées au grand air. J'ai vû du sang enfermé dans un petit matras, scellé hermétiquement, être encore très-liquide, & d'une belle couleur, quoiqu'il y eût plus de dix ans qu'on l'y avoit mis: & si les fruits comme les cerises, les pommes, &c. se conservent dans le vuide assez long-tems, ils se conservent encore mieux lorsqu'il y a de l'air dans les petits vaisseaux où ils sont enfermés, parce que quelques-unes

de

de leurs particules se dissipent dans le vuide; j'en ai fait cette expérience:

Je mis dans une petite phiole, au mois de Juin, des feuilles de roses, des cerises, & des féves vertes; je fermai l'ouverture avec de la cire rouge fort gluante; & au bout de neuf jours je trouvai que les cerises étoient entières & de même couleur; les feuilles de roses étoient entières, mais un peu diminuées de couleur; & les féves, sans aucune altération considérable: au lieu que de semblables matières que j'avois laissées à l'air dans le même endroit de la chambre, étoient fort différentes; car les féves étoient plus petites de moitié, & fort dures; les feuilles de roses étoient séches; & les cerises, noires & pourries, parce qu'il faisoit alors une très-grande chaleur. De-là on peut juger que, si on avoit mis la petite phiole dans une cave fort profonde, ces fruits qui y étoient enfermés, se seroient conservés plus de deux mois.

Les fraises & les autres fruits fort humides ne se conservent pas bien dans une bouteille fermée, parce que les vapeurs qui s'en élévent, retombent dessus en eau, & cette eau les fait corrompre.

La plûpart des Philosophes croïent que l'air est sans couleur. Mais il y a beaucoup de raisons qui doivent persuader qu'il est bleu: car les hautes montagnes éloignées paroissent bleues, comme étant vûes à travers un corps bleu transparent; l'air paroît bleu en un tems serain, à cause qu'il y a beaucoup d'épaisseur jusqu'au haut de l'atmosphére; mais on ne discerne point cette couleur dans une médiocre épaisseur, comme d'un quart de lieuë, de même qu'une goute de vin peu chargé de couleur paroît claire comme de l'eau. On peut juger aussi que l'air est bleu, par cette expérience: Si l'air est coloré.

Recevez la nuit en un tems serain la lumière de la lune sur une feuille de papier blanc, & en même tems celle d'une chandelle; il faut faire en sorte que la lune ne luise que sur une partie du papier & la chandelle sur l'autre; ce qui se peut exécuter par le moïen d'un carton que l'on tiendra perpendiculairement sur le papier: alors la partie éclairée par la seule chandelle paroîtra rougeâtre, parce que sa lumière a beaucoup de cette couleur; mais la partie éclairée par la lune seule paroîtra bleue, parce que sa lumière passe au travers de beaucoup d'air, & en prend la couleur.

Quelques Anatomistes croïent que l'air se mêle avec le sang dans les poumons, pendant la respiration; mais cela n'est aucunement nécessaire, puisqu'il y a déja de la matière aërienne dans celui qui est dans les veines. On pourroit observer par des expériences faites dans la machine du vuide, si le sang des artéres donne une plus grande quantité de bulles d'air que celui des veines. Car ce n'est pas assez que le sang artériel ait une couleur plus vive que le sang vénal, pour inférer qu'il a pris de l'air en passant par le poumon, puisque cet effet pourroit procéder de ce que le sang de la veine cave passant à travers les peti- Si l'air se méle avec le sang dans les poumons.

tes membranes du poumon, s'y rafine & devient plus ſubtil, de même que les liqueurs qui ſe filtrent en paſſant à travers quelques corps poreux, deviennent plus belles & plus tranſparentes; & il ne faut pas douter que le ſang ne ſe charge de beaucoup d'impuretez en paſſant par la rate, par les boyaux, par les membranes de l'eſtomac, &c.

On expliquera les autres propriétez de l'air ſelon le rapport qu'elles auront à celles qui ont été ici expliquées, en ſe ſervant des mêmes hypothèſes, leſquelles on peut recevoir juſques à ce qu'on en invente quelques autres qui conviennent mieux à tous les effets.

FIN.



TROI-

TROISIÈME ESSAI.

DU

CHAUD

ET

DU FROID.

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences.

DISCOURS

POUR FAIRE VOIR QUE LE FROID N'EST QU'UNE PRIVATION OU UNE DIMINUTION DE CHALEUR, ET QUE LA PLUPART DES LIEUX SOUTERRAINS SONT PLUS CHAUDS EN ETE' QU'EN HIVER.

Qu'on ne doit pas toûjours juger des choses en elles-mêmes, & entr'autres du froid & du chaud, par les sens.



Es Philosophes se plaignent que nos sens nous trompent: mais bien souvent c'est plûtôt par le défaut du raisonnement que nous tombons en erreur, que par le défaut des sens; car ils ne sont pas disposés pour nous faire connoître les choses telles qu'elles sont en elles-mêmes, mais seulement telles qu'elles sont à notre égard, afin que nous puissions éviter celles qui nous sont nuisibles, & nous servir de celles qui sont propres à notre conservation.

La vérité de cette hypothêse se reconnoît principalement dans le discernement du chaud & du froid. Car la plûpart des choses naturelles faisant leurs fonctions par la chaleur; soit qu'elle soit interne & propre, comme celle des hommes & des autres animaux; soit qu'elle soit externe, comme celle que les plantes reçoivent du soleil: le degré de chaleur qui leur convient, ne peut être notablement augmenté ou diminué, qu'elles ne périssent. C'est pourquoi le sens de notre attouchement a dû être disposé de telle sorte, que tout ce qui excéde le tempérament de notre chaleur, nous parût chaud; & que tout ce qui a moins de chaleur que nous, ou qui n'en a point du tout, excitât en nous un autre sentiment, & une douleur toute différente, sous l'apparence de ce que nous appellons froid; afin que nous pussions éviter les inconvéniens qui arriveroient par l'augmentation ou par la diminution de notre chaleur naturelle, & nous conserver dans notre juste tempérament. Mais d'en tirer cette conséquence, que tout ce que nous sentons froid, soit absolument sans chaleur; c'est une erreur très-grossière: car de même que quelques animaux qui sont naturellement plus chauds que nous, se tromperoient, si en nous touchant ils nous jugeoient sans chaleur; aussi nous trompons-nous, lorsque nous estimons froids absolument ceux qui ont leur tempérament de chaleur dans un degré inférieur au nôtre, & que l'eau soit entièrement sans chaleur, lorsqu'elle nous paroît froide. Pour faire connoître cette vérité, qu'on mette de l'eau tiéde dans quelque vaisseau, & que quelqu'un, tirant sa main d'une eau presque bouillante, la trempe dans cette eau tiéde: il est certain qu'il

qu'il la trouvera froide, quoiqu'elle ne le soit pas; & qu'il la trouveroit chaude après avoir manié quelque tems de la neige. D'où il s'ensuit, qu'il est impossible de déterminer par l'attouchement les bornes du chaud & du froid; c'est-à-dire, de juger quand la chaleur cesse, & quand le froid commence.

Que si on jette dans une cuve pleine d'eau, une poignée de sel, & un verre d'eau bouillante; il est évident que l'eau de cette cuve sera salée, puisqu'il y aura du sel, & qu'elle aura de la chaleur, puisque celle de l'eau bouillante y sera mêlée réellement; & toutesfois cette eau étant moins salée que notre langue, elle nous paroîtra insipide, & nos mains étant plus chaudes, nous la trouverons froide.

Ce n'est donc pas par le sentiment du froid que nous devons juger si une chose est sans chaleur, mais par des raisonnemens fondés sur d'autres principes, & par les effets que la chaleur produit ordinairement. Or les principaux effets de la chaleur sont, de faire croître & végéter les plantes & les animaux, de faire évaporer l'humidité qui est dans les corps, & de faire fondre & rendre liquides les choses solides & grossières, comme l'or, le plomb, la cire & la glace, quoique selon divers degrez: car il faut beaucoup plus de chaleur pour faire fondre l'or & le faire couler, que pour faire couler le plomb; & il en faut moins pour fondre la glace, que pour fondre la cire.

Par où l'on doit juger qu'une chose est sans chaleur:

Si donc nous croïons que le coulement de la cire soit un effet de la chaleur, & qu'elle ne puisse se fondre sans être chaude; pouvons-nous douter que, lorsque la glace se fond, cette fusion ne soit aussi un effet de la chaleur, & qu'elle ne soit véritablement chaude lorsqu'elle est fondue? D'ailleurs, quelque froide que l'eau nous paroisse, elle pousse des vapeurs, comme il se voit par les brouillards qui s'élévent sur les étangs & sur les rivières, même de nuit & en Hiver; ce qui ne se pourroit faire si ces eaux étoient sans chaleur: & les poissons ne pourroient digérer, croître, & faire leurs autres fonctions, si leur tempérament n'avoit quelque degré de chaleur; & parce que l'eau est d'ordinaire d'un même tempérament que les poissons, il s'ensuit qu'elle est chaude. Lorsqu'en Eté les poissons meurent dans des eaux que nous trouvons froides, cela ne peut arriver que parce qu'elles sont trop chaudes à leur égard; d'où vient qu'ils cherchent alors l'eau des fontaines, qui vraisemblablement leur paroît tiéde, & n'altére point leur chaleur naturelle. A quoi si on ajoûte que le cresson & les autres herbes aquatiques croissent & fleurissent en Eté dans des fontaines que nous trouvons très-froides; il n'y aura plus lieu de douter qu'il n'y a point d'eau qui ne soit chaude. Cela étant supposé, il est assez facile de montrer qu'il y a peu de glace & de neige qui n'ait aussi quelque chaleur: car, si l'eau tiéde diminuant peu à peu sa chaleur, nous semble peu à peu devenir froide, il est vrai-semblable, que continuant à nous paroître un peu plus froide lorsqu'elle commence à se geler, elle conserve encore

quelque reste de chaleur; autrement il faudroit dire que la congélation ne pourroit subsister qu'avec un froid parfait; ce qui est manifestement faux, puisque l'or & le plomb commençant à se congeler, sont encore si chauds qu'ils nous brûlent: & par conséquent il n'est pas incompatible que la glace ne conserve en son commencement quelque chaleur, qui diminue peu à peu, comme celle du plomb lorsqu'il est congelé. De plus, il est certain qu'un même feu, agissant sur l'or & sur le plomb, fait fondre le plomb plûtôt que l'or; & que le soleil, luisant également sur de la glace & sur de l'eau de vie gelée, fait plûtôt couler l'eau de vie que la glace: mais l'or, quoiqu'il ne soit pas encore fondu, est autant ou plus chaud que le plomb fondu: donc, par une raison égale, la glace, quoiqu'elle ne soit pas encore fondue, sera autant ou plus chaude que l'eau de vie qui commence à être fondue, laquelle, par les discours précédens, est véritablement chaude, puisqu'elle est rendue liquide. Aussi voïons-nous souvent les blez & plusieurs autres herbes croître & conserver leur verdure parmi la neige & la terre gelée; ce qu'elles ne pourroient faire sans chaleur; & par conséquent il faut que ces herbes, & la neige qui les touche, soient chaudes. J'ai aussi observé que la glace pousse des vapeurs; car elle diminue tous les jours de poids, quelque froid qu'il fasse: & puisque l'évaporation est un effet de la chaleur, il s'ensuit que la glace, qui pousse des vapeurs, est chaude, & que le froid qui nous paroît en elle, n'est qu'une diminution de chaleur.

Que le froid dans la glace, aussi-bien que dans les autres choses, n'est qu'une diminution de chaleur.

Autre preuve de cela.

Pour mieux raisonner sur cette matière, il faut remarquer que la plûpart des qualitez qui nous semblent être contraires aux qualitez actives, ne sont rien en effet, mais seulement une privation ou manquement de ces qualitez: ainsi les ténébres sont une privation de la lumière, & le repos, ou immobilité, est une privation du mouvement; puisqu'être immobile & ténébreux, n'est autre chose, qu'être sans mouvement & sans lumière. Or il est aisé de juger, que la qualité qui est contraire à la chaleur, doit suivre la même régle, & que le froid parfait n'est autre chose qu'une privation entière de chaleur: car d'autant que le mouvement est le seul principe, ou, du moins, un des principes de la chaleur, comme on le reconnoît par l'expérience des rouës de carosse qui s'allument en roulant violemment, & que les effets doivent être proportionnés à leurs causes; si le mouvement a pour son contraire le repos, qui est une privation; le contraire de chaleur qui est le froid, sera aussi une privation; & si les corps ne sont chauds que par un mouvement violent de leurs particules, il s'ensuit nécessairement que lorsque leur mouvement cesse, ils demeurent froids & sans chaleur. Mais, comme l'éguille d'une montre nous paroît sans mouvement, parce qu'elle tourne très-lentement; ainsi un corps qui a fort peu de chaleur, nous doit paroître comme s'il n'en avoit point du tout. Et toutesfois nous faisons différence de glace à glace, & de neige à neige, à l'égard de la froideur: car la nei-

ge étant ſur le point de ſe fondre, ſe manie aiſément; mais il y en a qu'on ne peut long-tems toucher, ſans ſouffrir un froid très-ſenſible, & il peut y avoir de la glace tellement éloignée de notre tempérament, que ſi on la touchoit, la main s'y attacheroit. Mais, parce que la privation ne reçoit ni augmentation ni diminution, car deux corps ſans mouvement ſont auſſi immobiles l'un que l'autre; il eſt néceſſaire que de ces glaces & de ces neiges, qui nous paroiſſent de différente froideur, les moins froides à notre ſens, aient un peu de chaleur, les autres un peu moins, & que celles dont le froid eſt exceſſif, en ſoient entièrement privées, ou preſque entièrement privées.

Autre preuve de la même choſe en ce qu'on ne peut aſſigner aucune cauſe poſitive du froid, &c.

Pour confirmer cette opinion, on peut conſidérer qu'il ne paroît dans la nature aucune cauſe poſitive du froid, ni aucun corps qui ne puiſſe être échauffé. Il y a des Philoſophes modernes qui attribuent le principe du froid au ſalpêtre, parce que quand on en mêle avec de la neige, ou qu'on en diſſout dans l'eau, ce mêlange facilite le refroidiſſement du vin & des autres liqueurs qu'on y plonge pour les rafraîchir: mais cela procéde de ce que le ſalpêtre étant un corps plus condenſé que l'eau, il communique plus fortement ſa froideur que l'eau. Le même effet paroît dans le ſel commun: car, ſi on en mêle avec de la neige dans un plat, & qu'on mette un autre plat deſſus où il y ait un peu d'eau, cette eau ſera bien plûtôt gelée que s'il n'y avoit que de la neige au-deſſous; ce qui arrive à cauſe que le ſel ſe fondant à demi dans la neige, ce mêlange d'eau ſalée, qui a une froideur égale à celle de la neige, touche le plat ſupérieur en beaucoup plus de parties que ne fait la neige ſeule, ou la glace briſée, & par conſéquent il en doit être beaucoup plus refroidi. D'où il s'enſuit, que cet effet ne prouve point que le ſalpêtre ou le ſel aient de ſoi plus de froideur que la neige.

Il n'y a auſſi nulle apparence que l'air ſoit une cauſe poſitive du froid, quoiqu'il refroidiſſe ordinairement les autres corps: j'attribue cet effet à la diminution de chaleur, & je l'explique en cette ſorte:

Lorſqu'il a fait très-chaud tout le jour, & que le ſoleil commence à ſe coucher, l'air ſupérieur qui eſt toûjours très-froid, parce qu'il reçoit très-peu d'impreſſion de la lumière du ſoleil, comme il a été prouvé ailleurs, refroidit peu à peu celui qui eſt au-deſſous, qui communique enſuite ſa froideur à celui qui eſt proche de la ſurface de la terre, lequel étant devenu froid, c'eſt-à-dire, moins chaud, fait diminuer peu à peu la chaleur de la terre & celle de l'eau. Car, de même qu'un corps très-peſant, étant mis en mouvement, eſt arrêté plus difficilement qu'un corps léger; ainſi la terre & l'eau conſervent bien plus long-tems la chaleur que le ſoleil leur a donnée, que l'air qui leur eſt contigu: d'où il arrive qu'en Hiver l'eau commence à ſe geler à ſa ſurface, à cauſe de l'air qui la touche, qui, recevant facilement la froideur de l'air ſupérieur, la communique plûtôt à la partie de l'eau qu'il touche, qu'à celle qui eſt au fond. On raiſonnera de même à l'égard des autres

corps qu'on pourroit conjecturer être des causes positives du froid, comme les esprits nitreux, les esprits que quelques-uns appellent frigorifiques, sans déterminer de quels corps ils procédent, &c.

Objection contre ce qui a été dit & prouvé

Que si on insiste, & qu'on objecte que le froid agit, puisqu'il engourdit, & fait mourir les animaux, qu'il durcit les eaux, & fait fendre les arbres, & que par conséquent ce n'est pas une privation: on pourra répondre que ce que nous souffrons par le froid, procéde de ce que notre chaleur naturelle se dissipe par l'attouchement des choses absolument froides, ou beaucoup moins chaudes que nous; car les qualitez se communiquent & passent d'un sujet en un autre, comme une boule qui roule rencontrant une pierre immobile, lui communique une partie de son mouvement, qu'elle perd: & nous ne pouvons perdre beaucoup de notre chaleur, sans mourir, ou sans une extrême douleur; ainsi qu'un homme aiant demeuré long-tems dans les ténébres qui n'agissent point, & ne sont qu'une pure privation, ne laisseroit pas de perdre la vûë, ou du moins elle s'affoibliroit beaucoup. Pour ce qui est des arbres qui se fendent, & de l'eau qui se géle, ce n'est pas plûtôt une action & un effet du froid, que lorsque le plomb se prend & se congéle après avoir été fondu: car comme c'est la nature du plomb d'être ferme & solide, & de ne se fondre que par violence, & qu'il retourne de soi-même à se congeler, conservant encore beaucoup de chaleur; ainsi l'eau d'elle-même se congéle, lorsque le chaud qui la tenoit fondue, se diminue, & les arbres qui avoient leurs pores ouverts, & laissoient sortir des matières raréfiées, ces pores étant resserrés, particulièrement quand leur écorce est couverte de verglas, ces matières raréfiées & spiritueuses ne peuvent sortir, & enfin elles font un effort, & rompent l'endroit le plus foible pour se faire passage; de même qu'il arrive à l'eau glacée dans laquelle ces matières se dilatent & se mettent en air, & ne pouvant sortir elles rompent la glace.

Résultat des raisonnemens précédens.

De ces raisonnemens il résulte, que s'il n'y avoit ni soleil, ni feu, ni mouvement dans la nature, toutes les choses demeureroient sans lumière & sans chaleur; & alors il y auroit de la glace & de la neige véritablement froides, comme il y en a peut-être sous les poles, lorsque le soleil a été cinq ou six mois sans y luire. Mais, comme le soleil agit toûjours, même jusqu'au centre de la terre, il y a peu de choses qui ne se ressentent de sa chaleur, & ne soient véritablement chaudes, quoique celles qui sont au-dessous de notre tempérament, nous paroissent froides. Et pour conclusion nous dirons que la glace, la neige, & la plûpart des eaux & des autres choses sublunaires, sont froides à notre égard, & que nous les devons appeller telles dans nos discours ordinaires; mais que réellement il n'y a point d'eau qui ne soit chaude, & peu de glaces & de neiges qui ne le soient aussi; & enfin, que le véritable froid s'il y en a ici bas, n'est qu'une privation entière de chaleur.

Ces choses étant supposées, il est manifeste qu'il ne faut pas entre-

prendre de juger si les caves & les autres lieux soûterrains sont plus chauds en Hiver qu'en Eté, par le chaud ou par le froid que nous y ressentons; mais que pour nous en assûrer, il faut fonder nos raisonnemens sur d'autres expériences.

Que les lieux soûterrains sont plus chauds en Eté qu'en Hiver.

Or si l'on suppose que dans les caves ordinaires, & dans les autres lieux soûterrains éloignés des fontaines chaudes, ou des montagnes qui jettent des flammes, il n'y a point d'autre chaleur que celle qui procéde du soleil; il est aisé à conjecturer que pendant les premières chaleurs de l'Eté, quand même elles seroient très-grandes, les caves très-profondes doivent être moins échauffées qu'au commencement de Septembre, parce que la chaleur s'insinue peu à peu dans la terre, & qu'il faut beaucoup de tems avant qu'elle ait pénétré jusques à 30 ou 40 pieds de profondeur: car même lorsque le soleil luit tout le jour, la surface de la terre est plus échauffée à trois heures après midi, qu'à dix ou onze heures du matin, & il fait d'ordinaire moins chaud au solstice d'Eté, qu'un mois ou six semaines après; & par la même raison la plus grande chaleur des caves fort profondes doit être vers la fin de l'Eté, & le plus grand froid vers la fin de l'Hiver, parce qu'elles s'échauffent & se refroidissent peu à peu.

Expériences qui confirment ce que l'on vient d'établir.

Pour sçavoir si l'expérience seroit conforme à ce raisonnement, je fis porter dans un caveau de l'Observatoire Roïal de *Paris*, un thermométre d'environ trois pieds & demi de longueur, dans lequel, lorsqu'il étoit dans une chambre, l'esprit de vin montoit jusques à plus de 3 pieds pendant l'Eté, & descendoit en Hiver jusques fort près de la pomme. Ce thermométre étoit scellé hermétiquement au haut du tuyau pour empècher l'air d'y entrer, & étoit divisé en plusieurs parties égales chacune de quatre lignes. Je commençai d'en observer les changemens le 6 Décembre 1670, après que je l'eus laissé trois ou quatre jours sans y regarder. Je remarquai ce jour-là que l'esprit de vin étoit à la 53e. des divisions, que j'appellerai ici des degrez. Le 18 Décembre il étoit descendu à 52 degrez $\frac{4}{7}$ à peu près, & demeura en cet état sensiblement pendant tout l'Hiver, qui ne fut pas fort rude cette année-là.

Au commencement d'Avril 1671, il parut être un peu plus haut & continua de monter jusques au 25 Août, & en ce tems il se trouva à 53 degrez $\frac{3}{7}$. Il monta encore un peu jusques au 15 Septembre, auquel jour il étoit fort près de 53 degrez & dèmi, en sorte que toute sa montée fut un peu au-dessous de quatre lignes. Il demeura stationnaire jusques au mois de Novembre, où il commença à baisser; & enfin le 18 Décembre il revint environ au même point que l'année d'auparavant, sçavoir à 52 degrez $\frac{4}{7}$, & demeura à peu près de même jusques au 15 du mois de Février 1672, où le tems étant fort froid & la rivière gelée, il parut quelques jours après à 52 degrez & demi, & il demeura sensiblement en cet état jusques au 15 de Mars, auquel jour & dans les suivans, il commença à monter très-peu, mais il monta assez considérablement

blement pendant le mois de Mai, & continua de monter jusques au mois de Septembre 1672, & revint encore à fort près de 53 degrez & demi, comme en l'année 1671. Desquelles expériences il est manifeste, qu'il faisoit plus chaud dans ce caveau à la fin de l'Eté, qu'au mois de Janvier & de Février. Ce caveau étoit à 84 pieds de profondeur.

Sur la fin du mois de Novembre 1672, je fis porter ce même thermométre dans une maison qui est vis-à-vis du college de *Clermont* dans la ruë *S. Jaques*, & je le plaçai dans une cave de 30 pieds de profondeur. Le lendemain l'esprit de vin étoit au 49e. degré, & pendant les mois de Décembre & de Janvier il descendit peu à peu jusques au 44e. degré; mais le froid s'étant augmenté en Février, il descendit enfin jusques à 42 degrez & demi.

Sur la fin du mois de Mars 1673, trois jours après un médiocre froid, il étoit remonté à 47 degrez moins un tiers. Le 4 Avril, il étoit à 47 degrez précisément; & le froid aiant recommencé le 6 Avril, il fut le 14 à 47 degrez moins un tiers. Le 19 le tems devint un peu plus chaud, & les quatre jours suivans encore plus, & le 24 il étoit monté à 47 degrez un tiers. La chaleur du tems augmenta jusques au premier Mai, auquel jour il étoit à 47 degrez deux tiers. Le chaud continua d'augmenter, & le 16 Mai l'esprit de vin étoit à 48 degrez un peu plus. Le 19 Mai après trois jours de froid, il parut être monté un peu, & étoit à 48 degrez un quart, quoique dans les thermométres tenus dans des chambres, il fut descendu de plus de dix degrez pendant ces trois jours.

Le froid continua jusques au premier de Juin, & le cinquième Juin l'esprit de vin étoit monté à 48 degrez trois quarts, tellement qu'alors cette cave étoit encore plus froide que le 25 Novembre précédent. Le 19 Juin l'esprit de vin étoit à 49 degrez moins $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{10}$. Le 3 Juillet il étoit à 49 degrez un tiers.

Le 17, à 49 trois quarts; auquel jour je sentis dans cette cave un froid très-incommode, parce qu'il faisoit très-chaud par les ruës.

Le 31, il étoit à 50 degrez un quart.

Le 14 Août, à 50 degrez deux tiers.

Le 28, à 51.

Le 15e Septembre, à 51 & demi; où l'on cessa d'observer, parce que le thermométre fut cassé: & il y a apparence que l'esprit de vin ne fût pas monté jusques à 53 degrez & demi, comme en la cave de l'Observatoire, dont la raison est, qu'aiant été en Février à 42 degrez & demi, il y faisoit beaucoup plus froid en ce tems-là que dans la cave de l'Observatoire, où il n'étoit descendu qu'à 52 degrez & demi, & le chaud de l'Eté ne continua pas assez long-tems, ou ne fut pas assez grand pour chasser ce froid: car le soleil ne luit dans la ruë où est cette cave qu'une heure le jour; ce qui fait que la terre qui environne cette cave, ne reçoit jamais guéres de chaleur: mais l'air qui est dedans,

reçoit

reçoit beaucoup plus de froid que celui qui eſt dans la cave de l'Obſervatoire, parce que ce dernier eſt beaucoup plus éloigné du froid qui eſt en Hiver ſur la ſurface de la terre. Puis donc qu'à la fin de l'Eté l'eſprit de vin de ce thermométre étoit dans cette cave de 30 pieds de profondeur, plus haut de 9 degrez ou 36 lignes qu'à la fin de l'Hiver; il s'enſuit qu'il y fait une chaleur bien plus grande en Eté qu'en Hiver. Il paroît auſſi par ces Obſervations, qu'aux mois de Juin & de Novembre il y avoit à peu près la même température d'air, puiſque l'eſprit de vin étoit à la même hauteur pendant pluſieurs jours de ces deux mois, comparant les premiers jours du mois de Juin aux derniers de Novembre, & ainſi des autres; dont la raiſon eſt évidente, ſçavoir, que le chaud n'avoit pas encore pénétré la terre au mois de Juin, ni le froid au mois de Novembre. Il paroît encore que les changemens ſont beaucoup moindres dans la cave de l'Obſervatoire qui a 84 pieds de profondeur, qu'en cette dernière de 30 pieds de profondeur; puiſqu'en une année entière, la différence de la montée du thermométre en la première eſt moindre que 4 lignes, & qu'en l'autre elle eſt de 36 lignes: d'où l'on peut conclure, qu'en une profondeur de 100 pieds, l'air y eſt toûjours à fort peu près de même température, principalement quand il n'a aucune communication avec celui qui eſt vers la ſurface de la terre, quoique, ſi on y deſcendoit pendant les grandes chaleurs de l'Eté, lorſque les pores du cuir ſont fort ouverts, on y reſſentiroit beaucoup de froid, & qu'au contraire on ſentiroit une agréable chaleur, ſi on y deſcendoit au plus fort de l'Hiver, quoiqu'en effet il y fît un peu plus chaud au mois d'Août qu'au mois de Janvier.

J'ai fait encore pluſieurs obſervations dans une autre cave moins profonde.

Le 21 Juillet 1674, je tenois deux thermométres de même force dans une chambre au ſecond étage où le ſoleil ne luiſoit point: l'eſprit de vin y étoit juſques à la 89ᵉ. diviſion; chaque diviſion étoit de 2 lignes un tiers, que j'appelle auſſi des degrez. Le 23, je portai un de ces thermométres dans une cave qui eſt à 10 pieds de profondeur ſous le rez de chauſſée de la maiſon; & laiſſai l'autre dans la chambre.

Le 26, l'eſprit de vin étoit deſcendu en celui de la cave à 52 degrez & demi; & environ 8 jours après, il étoit remonté à 53 & demi.

Le 15 Août il étoit à 54 degrez, quoique dans celui de la chambre il fut à 64: je mis une marque de cire ſur le tuyau de celui de la cave pour mieux marquer les changemens; le deſſus de la cire étoit vis-à-vis de ce 54ᵉ. degré.

Le 21, celui de la chambre étoit à 57 degrez, & le 22, à 60; & celui de la cave, étant deſcendu de trois quarts de ligne, étoit à 53 degrez deux tiers, à peu près. Le 2 de Septembre il revint vis-à-vis du haut de la marque de cire, c'eſt-à-dire, au 54ᵉ. degré: celui de la chambre

bre étoit au 63e. Le 8, celui de la cave étoit à 54 degrez un quart, & celui de la chambre à 63.

Je discontinuai les observations jusques au 16 Novembre de la même année; mais je les continuai depuis ce jour jusqu'au 8 Septembre 1675. Les plus considérables de ces observations sont dans la table suivante, dont la première colonne marque les jours des mois; la seconde, les hauteurs du thermométre de la chambre; & la troisiéme, les hauteurs du thermométre de la cave de dix pieds de profondeur.

Table des jours & des hauteurs des Thermométres.

NOVEMBRE 1674.

16	42 d.	46 d.

DE'CEMBRE.

9, *ce jour les ruës étoient. gelées.*	20 ½	36
15	20	33
17, *dégel*	28	35
20	32	35 ½
22	40	36

JANVIER 1675.

1	44	38
22, *gelée*	22	30
24	24	31

FE'VRIER.

1	33	32
18	29	33 ½
22	27	31 ½
28	28	31 ¼

MARS.

6	29 d.	31 d.
9	38	31 ½
13	42	32 ¼
16	36	32 ½
20	32	32 ½

Le froid continua jusques au premier Avril, & l'esprit de vin du thermométre de la chambre n'étoit le 3 qu'à 33 degrez; il fit chaud ensuite.

AVRIL.

6	49	34
22	44	37
26	60	37 ¼

MAI.

9	60	37 ½

JUIN.

4	62	44

AOUT.

16	70	50
20	73	52

SEP-

SEPTEMBRE.

4	68d.	53d.
8	65	53¼

JANVIER 1676.

La chambre étoit ſans feu.

8, *Tems doux.*	41	43
27	36	36

FEVRIER.

18	40	38
27	32	37½

Le premier Mars il gela, & il avoit gelé la veille; le thermométre de la chambre revint à 30, & celui de la cave à 37.

JUIN.

5, *Grand chaud.*	83	45

JUILLET.

Très-grand chaud.

1	92 d.	49 d.
15	73	52

AOUT.

18	89	54
24	68	56

DECEMBRE.

15	21	32
31	20	28

JANVIER 1677.

4, *Tems ſerain.*	10	26½
5	5	26
7, *Très-grand froid, 8 lignes plus bas que le 1er. degré.*		
13	4	24
Dégel 12 jours de ſuite.		
25	44	29

Le thermométre eſt ordinairement ſtationnaire aux mois de Février & de Septembre dans les caves fort profondes; le plus grand froid eſt depuis le 15 Janvier juſques au 1 Mars; & le plus grand chaud, depuis le 10 Août juſques au 15 Septembre.

Ces obſervations, qui ont été faites avec beaucoup d'exactitude, peuvent ſuffire pour faire connoître les différences du chaud & du froid des lieux ſoûterrains, & à différentes profondeurs, dans toutes les ſaiſons de l'année; & que les caves ſont réellement plus chaudes en Eté qu'en Hiver. Mais, parce que la plûpart des hommes ſont prévenus

Pourquoi les caves paroiſſent fraîches en Eté, & chaudes en Hiver.

d'une opinion contraire, à cauſe que les caves paroiſſent fraîches en Eté, & chaudes & fumantes en Hiver; il eſt à propos de rendre ici raiſon de ces apparences.

Il eſt certain que l'intérieur de la peau eſt plus chaud & plus ſenſible que l'extérieur, & par conſéquent, ſi les pores du cuir ſont fermés, le froid ſera bien moins ſenſible que lorſqu'ils ſont dilatés & ouverts, parce qu'en ce dernier état, l'air froid s'inſinue dans l'intérieur de la peau.

Ceux qui viennent des païs ſitués ſous la Ligne, commencent à trembler dès qu'ils approchent des côtes de *France*, même aux mois de Juin & de Juillet, & ils ſont quelquefois obligés de porter des habits d'hiver le reſte de l'Eté: dont la raiſon eſt, qu'aiant demeuré long-tems dans des païs chauds, les pores de leur peau, qui étoient continuellement ouverts, s'affermiſſent en cette diſpoſition, & perdent la faculté de ſe reſſerrer, & ne la reprennent que peu à peu, & par ce moïen l'air médiocrement chaud les ſurprend & s'y inſinue; & parce que l'intérieur de ces pores eſt très-chaud & très-ſenſible, une médiocre chaleur paroît froide. Or la même choſe doit arriver en *France* à ceux qui pendant les grandes chaleurs d'Eté deſcendent dans des lieux fort profonds où la chaleur eſt médiocre; car leurs pores étant fort ouverts, l'air médiocrement chaud s'y inſinue à l'abord juſques bien avant; ce qui leur fait ſouffrir un froid conſidérable.

On peut expliquer par des raiſons contraires la chaleur qui paroît dans les caves lorſqu'il géle bien fort par les ruës. Et à l'égard des vapeurs qui en ſortent quelquefois comme des brouillards, il eſt aiſé de juger que rencontrant l'air froid qui eſt au-deſſus, elles ſe condenſent, & ne peuvent s'élever que lentement: c'eſt pourquoi il s'y en amaſſe beaucoup, & par ce moïen elles deviennent viſibles, au lieu qu'en Eté elles ſe diſſipent dès qu'elles ſont à l'air chaud; ce qui les rend inviſibles, par la même raiſon qu'il ne paroît qu'un peu de fumée au-deſſus du bois allumé, & que dès qu'il s'éteint, la fumée paroît très-épaiſſe, encore qu'en ce moment il n'en ſorte pas davantage du bois qu'auparavant.

Remarque ſur les raiſonnemens précédens.

Quoique les raiſonnemens ci-deſſus aient été faits dans la ſuppoſition que les caves ordinaires ne reçoivent point de chaleur des feux ſoûterrains, on pourroit s'en ſervir auſſi pour prouver des effets à peu près ſemblables, quand même les caves en recevroient quelque peu de chaleur. Car, lorſque celle du ſoleil pénétreroit juſques à 50 pieds ſous terre, elle augmenteroit celle qui y feroit déja par une autre cauſe; & quand en Hiver la chaleur produite par le ſoleil diminueroit peu à peu, la chaleur entière diminueroit auſſi: & par ce moïen on ne laiſſeroit pas de trouver dans les thermométres de ſemblables différences à peu près dans les mêmes tems, pourvû que la chaleur que les feux ſoûterrains y communiqueroient, n'excédât pas de beaucoup celle que le ſoleil y inſinue peu à peu, & qu'elle ne reçût point d'augmentation & de diminution ſenſible.

FIN.

QUA-

QUATRIÈME ESSAI.

DE LA

NATURE

DES

COULEURS.

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences.

TRAITÉ DE LA NATURE DES COULEURS.

IL est difficile dans nos ſenſations de ne point confondre ce qui vient de la part des objets, avec ce qui vient de la part de nos ſens. La plûpart des hommes n'héſitent point à dire que le ſoleil eſt lumineux, que le feu eſt chaud, que les cordes de lut ont un ſon agréable; & cependant ces choſes n'agiſſent ſur nous que par quelques mouvemens, tout le reſte de leurs apparences vient de nous & nous doit être entièrement attribué. Cette vérité ſe connoît par pluſieurs expériences. Frottez pendant quelque tems le dedans de votre main avec quelque étoffe; vous ſentirez une chaleur entièrement ſemblable à celle que le feu fait ſentir quand on en eſt proche: preſſez avec le doigt un des coins de vos yeux pendant la nuit; vous verrez paroître vers le côté oppoſé comme un rond lumineux. Si on ſe heurte rudement la tête contre un mur; on apperçoit des éclairs & des lumières: & ſi on ferme les yeux après avoir regardé le ſoleil; on voit pendant quelque tems une eſpéce de lumière dont l'éclat s'efface peu à peu, prenant ſucceſſivement des couleurs moins vives, comme le rouge, le verd, le bleu & le violet. D'où il s'enſuit, que la lumière, la chaleur, & la plûpart des autres qualitez ſenſibles, ne ſont pas à parler proprement dans les objets; mais que ces apparences ſont déterminées par les modifications des organes de nos ſens, quelles que ſoient les cauſes de ces modifications. Il ſuit auſſi des mêmes expériences, qu'il eſt impoſſible de dire préciſément d'où vient que les objets nous font ſentir ce qu'ils nous font ſentir; par exemple, pourquoi la glace nous fait ſentir de la froideur, plûtôt que quelqu'autre ſentiment incommode: & la ſeule raiſon que nous pouvons donner dans des queſtions ſemblables, eſt, que les organes de nos ſens ſont naturellement diſpoſés à l'égard des objets d'une manière propre à recevoir leurs impreſſions telles que nous les reſſentons.

Ces choſes étant ſuppoſées, on voit évidemment qu'il n'eſt pas aiſé de bien parler des couleurs, c'eſt-à-dire, de bien expliquer leur nature, & les cauſes particulières de leurs diverſitez & de leurs changemens; & que tout ce qu'on peut eſpérer dans un ſujet ſi difficile, c'eſt de donner quelques

quelques régles générales, & d'en tirer des conféquences qui puiffent être de quelque utilité dans les arts, & fatisfaire un peu le défir naturel que nous avons de rendre raifon de tout ce qui nous paroît.

Pour fuivre un ordre en cette matière, je confidére de deux fortes de couleurs: La première eft de celles que la lumière reçoit, quand elle paffe par quelque corps tranfparent fans couleur, comme quand elle paffe au travers d'un prifme triangulaire de verre ou d'une goute d'eau: La feconde eft de celles qu'on voit fur les corps illuminés & fur quelques corps lumineux. C'eft pourquoi je diviferai ce Traité en deux Parties.

Dans la première je parlerai des couleurs de la première efpéce, que quelques-uns appellent apparentes, dont les plus célébres font celles de l'arc-en-ciel & des parelies.

Dans la feconde je tâcherai d'expliquer en quelque façon les caufes des couleurs qu'on appelle ordinairement fixes ou permanentes, comme font celles qui paroiffent dans la flamme d'une chandelle, dans les plumes des oifeaux, dans les étoffes, dans les fleurs, &c.

PREMIÈRE PARTIE.

IL eft impoffible d'établir aucune fcience dans les chofes naturelles que par des expériences exactes; & pour fuivre une bonne méthode il faut commencer par celles qui font les plus fimples, & qui peuvent fervir de principes & de régles pour expliquer les autres.

Pour faire avec exactitude les expériences néceffaires pour connoître d'où procédent les couleurs de l'arc-en-ciel, & toutes les autres de la même efpéce, il faut avoir une chambre expofée au foleil pendant deux ou trois heures de fuite: on en fermera les fenêtres, & on y laiffera feulement une ouverture ronde ou quarrée d'environ un pouce de largeur, à laquelle on appliquera une petite lame de cuivre, ou de fer blanc, percée de quatre ou cinq trous ronds inégaux, dont le plus grand doit être de trois ou quatre lignes de diamétre, & le moindre d'environ une demi ligne: on fe fervira du quel on voudra felon qu'on aura befoin de plus ou de moins de lumière, & on prendra garde que leurs bords ne foient pas luifants, de peur qu'ils ne faffent des réflexions incommodes; pour cet effet on pourra les enduire de quelque teinture noire qui n'ait point d'éclat.

SUPPOSITIONS.

I.

LA lumière du foleil paffant par une ouverture circulaire dans un lieu obfcur & étant reçûe fur une furface platte expofée directement au foleil & parallele à l'ouverture; chaque point de cette ouverture eft le fommet de deux cones de lumière oppofés, & femblables, dont l'un a pour bafe le difque du foleil, &

& l'autre un cercle dans la surface platte; mais ce cercle est moindre que le cercle illuminé qui paroît sur cette surface, & la différence des diamétres de ces cercles est toûjours égale au diamétre de l'ouverture, quelque distance qu'il y ait entre l'ouverture & la surface.

EXPLICATION.

TAB. V. Fig. I. AIB représente un diamétre du disque du soleil dont I est le centre. CED est le diamétre d'une ouverture circulaire par où passe la lumière du soleil. EC est égale à ED. FLG est la section d'une surface platte opposée directement au soleil & parallele à l'ouverture CD. FL est égale à LG. IL est un rayon du centre du soleil; le rayon AS vient de l'extrémité A; & le rayon BH vient de l'autre extrémité B; ces trois rayons passent par le point E; le cone de lumière dont le triangle HES est la section, sera semblable au cone de lumière dont le disque du soleil est la base, & le point E le sommet; & si l'angle AEB est de trente-deux minutes, l'angle HES sera aussi de 32 minutes; le point E est pris ici pour une très-petite ouverture, par où passe la lumière du soleil; & parce que les rayons qui partent d'un même point du soleil, sont supposés paralleles entre eux à cause de son grand éloignement; il passera par les points C & D, deux rayons, CR, DG, venant du point A, paralleles à AES; & deux autres, CF, DK, venant du point B, paralleles à BEH: les cones de lumière dont les triangles FCR & GDK feront les sections, seront aussi semblables au cone dont AEB est la section, & toute la lumière qui passera par l'ouverture CD étant reçûe sur la surface platte, aura pour base un cercle illuminé dont FG sera le diamétre & le point L le centre: les points P & *q* où tombent les rayons CP, D*q*, paralleles à IEL, seront les centres des cercles qui auront pour diamétres RF, GK; le cercle intérieur dont RK est le diamétre, recevra une lumière sensiblement égale en toutes ses parties; mais l'illumination de l'anneau dont FK est la largeur, ira toûjours en diminuant depuis la circonférence qui passe par R & K jusques à celle qui passe par G & F, & elle sera une espéce de pénombre à l'égard du cercle intérieur dont RK est le diamétre

Que si la même lumière est reçûe en NMO, le point M qui est supposé dans l'intersection des rayons CR, DK, recevra un rayon de chaque point du soleil; le point O sera illuminé par le seul point A; & le point N, par le seul point B: & dans toute la section CDONC, il se fera trois triangles de lumière semblables, sçavoir CMD, qui aura une lumière entière; & NCM & MDO, qui seront des pénombres, dont la lumière ira toûjours en diminuant depuis le point M jusques aux extrémitez N & O. Si on reçoit la même lumière en V *x y* Q, il y aura une illumination entière en la partie *x y*, & deux pénombres en V *x* & *y* Q, & toute la ligne VQ sera le diamétre d'un cercle qui aura dans

dans son milieu un cercle entièrement illuminé, dont $x\,y$ sera le diamétre; le reste de l'illumination depuis les points x & y ira toûjours en diminuant jusques à la circonférence qui passera par les points V & Q.

Il est encore manifeste, qu'à quelque distance que soit la ligne FG, la largeur de l'anneau compris entre les circonférences qui passent par KR & FG, sera toûjours égale, à cause que le rayon CF est parallele à DK, & DG à CR. Mais les cercles intérieurs dont les circonférences passent par K & R, augmenteront de grandeur selon la raison doublée des distances depuis le point M: la grandeur du diamétre SH sera à la ligne LE, à peu près comme 1 à 108, si l'angle HES est de 32 minutes, c'est-à-dire que, si la distance ES est de neuf pieds, HS sera d'environ un pouce; ce qui se calcule facilement par les tables des sinus.

On trouvera la grandeur HS, en ôtant de toute la base illuminée la grandeur de toute l'ouverture CD, sçavoir FH égale à EC, & GS égale à ED. Il est encore manifeste que la distance EM diminue & augmente selon la proportion de l'ouverture CD.

Pour connoître ces choses plus précisément, on peut considérer que chaque point de la lumière qui est entre CD & FG, est le sommet d'un cone qui a pour base cette ouverture; & supposer que ces cones soient prolongés jusques au soleil qui est représenté par chacun des cercles égaux ABCD, *abcd*, $\alpha\beta\gamma\delta$, qui ont pour centre le point E. TAB. V. Fig. 2. 3. 4.
Cela étant conçû, il est évident que, si le point M de la première figure est le sommet de l'un de ces cones, le disque entier du soleil ABCD sera la base du cone prolongé, dont la section est MCD, & TAB. V Fig. 2.
que ce point M sera illuminé par toutes les parties de ce disque: les diminutions d'illumination depuis le point M jusques aux points N & O seront connues, si on divise MN ou MO en plusieurs parties égales, & le diamétre DB de la seconde figure en pareil nombre de parties aussi égales entr'elles; car supposant, par exemple, que les lignes MN de la première figure, & DB de la seconde figure, soient divisées également l'une au point T, & l'autre au point E, la base du cone prolongé, dont le point T sera le sommet, sera le cercle GEFH passant par le point E, & par conséquent le point T ne sera illuminé que par la partie du soleil GEFD.

Si on divise la ligne ED de la seconde figure en deux parties égales au point I, & qu'on prenne le milieu de la ligne TN pour le sommet d'un autre cone; la circonférence de la base du cone passera par le point I, & le milieu de la ligne TN ne sera illuminé que par la partie LI*m*D de la seconde figure. On trouvera de la même manière quelle sera l'illumination de tous les autres points de la ligne NMO.

Que si la ligne QV dans la première figure est divisée également au point *u*, & qu'on prenne ce point pour le sommet d'un autre cone; la base de ce cone prolongé sera comme le grand cercle LNM à l'égard du

TAB.V. Fig. 3. du cercle *abcd* dans la troisième figure, c'est-à-dire que, si l'angle C*u*D de la première est de 64 minutes, le diamétre du cercle LNM sera double du diamétre *d*E*b*. On connoîtra les diminutions d'illumination dans les pénombres *x*V ou *y*Q, si on divise le diamétre *d*E*b* en plusieurs parties égales, & la ligne *x*V en pareil nombre de parties égales entre elles : car le point *x* étant le sommet du cone prolongé, sa base touchera extérieurement le cercle *abcd* au point *b* comme on le voit dans la figure, & le point *x* sera illuminé par tout le soleil représenté par le cercle *abcd*; mais le point qui est en égale distance des points *x* & V, ne sera illuminé que par la partie *a*E*cda* : *a*E*c* est un arc du grand cercle, & *adc* est un arc du petit cercle. L'illumination des autres points des lignes *x*V & *y*Q se trouvera de même.

Enfin la lumière étant reçûe à la distance EL sur la ligne FLG de la première figure, le point L sera le sommet d'un cone de lumière, dont l'ouverture CD sera la base, & la base du cone prolongé sera à TAB.V. Fig. 4. l'égard du cercle $\alpha\beta\gamma\delta$ qui représente le soleil en la quatrième figure, comme le petit cercle PRQ, qui lui est concentrique, est à ce cercle; & par conséquent le point L ne sera illuminé que par cette partie du soleil.

Pour connoître la proportion de ces cercles dans les différentes distances, on remarquera que l'angle EMD dans la première figure, étant de 16 minutes, l'angle D*b*E sera de 8 minutes, si la ligne M*b* est égale à la ligne DM, parce que l'angle extérieur EMD sera égal aux deux intérieurs M*b*D, MD*b*. Par les mêmes raisons, si la ligne *b*L est égale à la ligne ponctuée D*b*, l'angle ELD ne sera que de quatre minutes, & alors le petit cercle PRQ, par lequel le point L sera illuminé, ne sera que la 16e. partie du cercle $\alpha\beta\gamma\delta$, parce que son diamétre ne sera que de 8 minutes qui est le quart de 32 : d'où il s'ensuit que le point M sera 16 fois plus illuminé que le point L. Mais parce qu'en ces grandes distances la ligne LD est sensiblement égale à la ligne LE, à cause de la petitesse des angles, je considére ici ces lignes comme égales pour la facilité du calcul, & je suppose que ces différentes illuminations sont l'une à l'autre en raison doublée réciproque des distances, c'est-à-dire que, si la ligne EL est quadruple de la ligne EM, le point L sera 16 fois moins illuminé que le point M, & ainsi dans les autres distances à proportion : je suppose aussi que le point K est autant illuminé que le point L; car encore que le cone de lumière qui aboutit au point L, soit droit, & que celui qui aboutit au point K, soit oblique, aiant pour base le petit cercle $\omega\beta\delta$ qui touche au point δ le disque du soleil représenté par le cercle $\alpha\beta\gamma\delta$, cette obliquité est trop petite pour faire une différence considérable dans les illuminations. On pourra connoître les diminutions d'illumination dans la pénombre KF par les intersections du cercle $\alpha\beta\gamma\delta$ & du petit cercle PRQ dans la 4e. figure, de la même manière que dans la deu-

deuxième & dans la troisième figure. Ainsi le point H ne sera illuminé que par la partie λνηδλ, parce que la base PRQ du cone prolongé aura alors son centre au point δ du grand cercle αβγδ.

On appellera toute la lumière qui passera par l'ouverture CD, un raïon solide de lumière, à quelque distance qu'elle s'étende; mais le raïon qui d'un seul point lumineux passe par un seul point comme E, s'appellera un raïon de lumière ou une ligne de lumière. La figure marquée 1 2 3 représente à peu près le véritable écart des parties extrêmes d'un raïon solide du soleil qui a passé par une ouverture *a e c* de deux lignes: si la distance *ed* est de 18 pouces, *d* sera le point où se rencontreront les lignes *a a*, *c c*, & représentera le point M de la première figure; & la ligne *c a d c a*, qui est le diamétre du cercle illuminé, & qui représente la ligne FG, sera de quatre lignes.

Le Pere *Grimaldi*, dans un livre où il traite de la lumière & des couleurs, soûtient, que les raïons du soleil passant par un petit trou ne gardent pas une rectitude exacte, mais qu'ils souffrent une réfraction qu'il appelle diffraction; & pour le prouver, il rapporte une expérience qu'il dit avoir faite avec un petit corps opaque mis à une certaine distance entre la petite ouverture & la surface platte qui reçoit la base du cone de lumière, dans laquelle expérience il dit que l'ombre entière & les pénombres, causées par ce corps opaque, étoient beaucoup plus grandes qu'elles n'eussent dû être si les raïons s'étendoient en lignes droites. Il dit aussi qu'il y avoit des couleurs semblables à celles de l'arc-en-ciel au-delà des pénombres; mais dans toutes les expériences que j'ai faites avec plusieurs personnes fort exactes, on n'a jamais rien apperçû de semblable. Pour éclarcir ces difficultez, on pourra considérer la cinquième figure, & l'appliquer aux expériences qu'on fera sur ce sujet. CD est une ouverture de deux lignes: la ligne AB représente le diamétre du soleil: les lignes DK, CF, sont des raïons qui viennent de l'extrémité du diamétre marquée A: CR, DG, sont des raïons de l'autre extrémité B; ces raïons sont pris pour paralleles à cause du grand éloignement du soleil, comme il a été expliqué dans la première figure: je suppose que le petit corps opaque HIP est de 4 lignes de diamétre, & qu'il est au milieu de la distance depuis l'ouverture CD jusques à la ligne FG, qui est le diamétre du cercle illuminé par la lumière du soleil qui passe par l'ouverture CD: FG est divisée également en L, & CD en E: EIL est une ligne droite qui représente un raïon qui vient du centre du soleil: & parce que CD est de deux lignes de largeur, le raïon qui du point E passera par H & tombera en M, fera LM de quatre lignes, puisque EL est double de IL; & CH continuée tombant au point N, fera MN d'une ligne, à cause que le point H sera le sommet de deux triangles semblables & égaux EHC & MHN. Par les mêmes raisons, le raïon DH tombant en O, fera MO d'une ligne; mais ce raïon DHO ne viendra pas de l'extrémité du soleil A, mais de quelque autre point

TAB.V. Fig. 5.

comme T ; & le point O sera illuminé de la même manière que si le corps opaque HP étoit ôté : la ligne LN qui sera la moitié de l'ombre entière, aura trois lignes de largeur, & la pénombre NO sera de deux lignes : le raïon DK parallele à CF, fera FK de deux lignes pour la largeur d'une autre pénombre dont K sera l'extrémité la moins obscure, & entre K & O la lumière sera sensiblement égale dans tous les points, comme il a été expliqué dans la première figure, & de même que si le corps opaque étoit ôté. La même chose arrivera de l'autre part du point L, & l'ombre entière du corps opaque HP sera de six lignes, la largeur de l'anneau de la pénombre de cette ombre entière sera de deux lignes ; mais on aura de la peine à discerner ses extrémitez. Que si on met le corps opaque plus près de la surface FG, il est manifeste que les distances LN, NO, deviendront moindres, & que lorsqu'on l'approchera de l'ouverture CD, elles deviendront plus grandes, & qu'enfin le point O pourra tomber entre K & F, & en ce cas les points K & O seront beaucoup moins illuminés que dans la première position de ce corps opaque. On pourra faire un calcul semblable au calcul ci-devant, pour trouver ces grandeurs & ces illuminations ; & quand on fera les expériences bien justes, on les trouvera toûjours conformes à l'hypothèse de la rectitude des raïons & sans aucune diffraction, comme je les ai trouvées par plusieurs observations exactement faites avec des personnes fort intelligentes.

II. SUPPOSITION.

UN raïon passant d'un corps transparent dans un autre de différente transparence, comme de l'air dans l'eau ou de l'eau dans l'air, réfléchit une partie de sa lumière, faisant l'angle de la réflexion égal à celui de l'incidence : & ce même raïon diminué de lumière continue à s'étendre selon la même ligne droite, si l'incidence est perpendiculaire ; mais si elle est oblique, il fait une inflexion ou courbure que les Opticiens appellent ordinairement réfraction. La réflexion & la réfraction se font en un même point de la surface commune aux deux corps transparens.

III. SUPPOSITION.

LEs raïons qui passent obliquement d'un corps transparent rare comme l'air, dans un autre plus dense comme l'eau ou l'esprit de vin ou le verre, font leurs réfractions du côté de la perpendiculaire qui passe par le point d'incidence ; & ceux qui passent obliquement de ces corps transparens dans l'air, font leurs réfractions en s'éloignant de la même perpendiculaire : mais si l'incidence est trop oblique, ces raïons se réfléchiront entièrement, & ne passeront point dans l'air.

EXPLI-

EXPLICATION.

ABC est un raïon de lumière, passant par le milieu d'une petite ouverture, & tombant obliquement sur la section DCE d'une surface d'eau : FCG est la perpendiculaire qui passe par le point d'incidence C : ce raïon diminué de lumière par la réflexion CN, au lieu de continuer selon la ligne droite BCH, se détourne par la rencontre de l'eau, & fait la réfraction BCI telle, que les lignes BD, FCG, étant perpendiculaires à la ligne DCE, le raïon s'avancera dans l'air à l'égard de la surface de l'eau de la longueur de la ligne GI parallele à DCE & égale aux trois quarts de DC, ou BF, pendant qu'il parcourra les lignes égales BC, CI ; mais si DCE est la section d'une surface de verre, la ligne GI sera seulement les deux tiers de BF, & réciproquement si IC est un raïon qui par réflexion ou autrement tombe sur DCE, il se rompra en passant dans l'air, selon la même ligne CB. Les Géométres appellent ces lignes BF, GI, les sinus des angles BCF, GCI, & l'expérience fait voir à peu près, que quelque angle que le raïon d'incidence fasse avec la perpendiculaire FCG, son sinus sera au sinus de l'angle que le raïon rompu fait avec la même perpendiculaire, comme 4 est à 3, si la lumière passe de l'air dans l'eau ; mais si elle passe de l'air dans un verre, ces sinus seront entre eux comme 3 à 2, & quoiqu'on ne puisse faire ces observations dans la dernière précision, on suppose ici cette régle à la rigueur, pour faciliter les calculs des réfractions. On trouvera suivant cette régle par le moïen des tables des sinus, que si l'angle BCF est de 90 degrez moins une seconde ou une tierce, en sorte que le raïon ABC rase à fort peu près la surface de l'eau DCE, l'angle ICG qu'on appellera l'angle diminué, parce qu'il est moindre que l'angle d'incidence BCF, sera de $48^d, 35'$ à fort peu près : & par conséquent, que l'angle ECI sera de $41^d\ 25'$, & que dans le verre l'angle GCI sera de $41^d\ 48'$ à peu près, & l'angle ECI de $48^d\ 12'$; d'où l'on connoîtra que, si IC est un raïon d'incidence faisant avec la ligne ECD un angle de $41^d 25'$ dans l'eau, & de $48^d\ 12'$ dans le verre, il rasera en passant dans l'air la ligne DC, & que si ces angles sont de $41^d\ 24'$ pour l'eau, & de $48^d\ 11'$ pour le verre, les raïons ne passeront point dans l'air, mais ils se réfléchiront entièrement. Il est bon de remarquer ici que, lorsque les angles ICG sont fort obliques, les raïons rompus s'écartent beaucoup plus les uns des autres que les raïons d'incidence. Soit, par exemple, l'angle d'incidence ICG de $41^d\ 11'$ dans le verre, on trouvera dans les tables des sinus, que le sinus de cet angle est 65847, dont la moitié est 32923 $\frac{1}{2}$, qu'il faut ajoûter à ce sinus pour avoir l'angle augmenté ; la somme sera 98770 $\frac{1}{2}$, qui est le sinus de $81^d\ 1'$ à peu près, pour l'angle BCF, & l'angle restant BCD sera de $8^d\ 59'$ à peu près : mais, si on ajoûte à l'angle ICG, l'angle LCI de $32''$, TAB. VI. Fig. 6.

l'angle L C G sera de 41^d 43', dont le sinus est 66544; sa moitié est 33272; leur somme 99816, sinus de l'angle augmenté F C M de 86^d 31' 30"; & l'angle restant M C D sera de trois degrez 28' 30": donc l'angle B C M sera de 5^d, 30', 30", lequel par conséquent sera plus de dix fois plus grand que l'angle L C I.

On peut remarquer aussi, qu'encore que l'huile & l'esprit de vin soient de liqueurs plus légéres que l'eau, la réfraction ne laisse pas d'y être plus grande, & qu'elle approche de celle qui se fait dans le verre. On en fera aisément l'expérience par le moïen d'une petite phiole bien ronde, TAB. VI. Fig. 7. représentée par A B C D dans la figure septième. On l'emplit successivement d'esprit de vin & d'eau, & on fait tomber dessus un très-petit raïon solide F *s* parallele au diamétre A B, en sorte que si C D est un autre diamétre, & A C un quart de cercle, le point *s* soit très-près de C: car on verra quand la phiole sera pleine d'eau, que le raïon se rompra comme en I, se réfléchira en K, puis en L, & en M, si ces quatre soûtendantes *s* I, I K, K L, L M, sont égales entre elles; mais si la phiole est pleine d'esprit de vin, le même raïon F *s* se rompra au-delà du diamétre A B comme en E, & se réfléchira en G, puis en H, fort près du point M; ce qui fera voir manifestement, que la réfraction des raïons est plus grande dans l'esprit de vin que dans l'eau. On pourra par la même méthode observer les réfractions des raïons dans les autres liqueurs inflammables, & même dans les eaux fortes, comme l'huile de vitriol, l'esprit de salpêtre &c.

IV. SUPPOSITION.

Les raïons qui d'un même point lumineux dans une distance convenable passent par l'ouverture de l'Uvée d'un œil bien disposé, se réünissent au fond de l'œil, en un point de la surface concave de la membrane, appellée Choroïde; & ce point lumineux paroît toûjours & est vû dans la ligne perpendiculaire à celle qui touche la Choroïde en ce point de réünion: mais si la distance est trop petite ou trop grande, les raïons d'un même point ne se réünissent pas en un même point, & on voit l'objet confusement.

EXPLICATION.

TAB. VI. Fig. 8. A dans la figure 8e, est un point lumineux. *c d* P H V *e* est la section de la choroïde, qu'on suppose être le véritable organe de la vision & non la rétine, pour plusieurs raisons; dont la principale est, qu'il ne se fait point de vision sur la base du nerf optique, quoique la rétine y soit étendue & disposée comme aux autres endroits dans le fond de l'œil, & que le défaut de vision se fait précisément dans l'étenduë de cette base, que la choroïde ne couvre point. G est la section du cristallin. *e d* est l'ouverture qu'on appelle ordinairement la prunelle; elle est entre la cornée

cornée & le cristallin; mais on n'a pas représenté la cornée dans la figure, ni les réfractions qui s'y font, ni même celles qui se font dans le cristallin, pour éviter la multiplicité des lignes. A*d*, A*c*, A*e*, sont trois raïons du point A, l'un desquels, sçavoir A*c*, est supposé être dans l'axe de la vûë A*c*H, c'est-à-dire, dans la ligne qui passe par le milieu de la cornée & du cristallin; ces trois raïons après avoir traversé la cornée passent par la prunelle de l'œil, & ensuite par le cristallin G, & se réünissent au point H sur la choroïde. *f*H*f* touche la choroïde au point H, & la ligne HA lui est perpendiculaire; le point A sera vû dans cette ligne, & s'il n'y a quelque point lumineux vers D, & que ses raïons se réünissent au point *r*, on verra ce point lumineux dans la ligne *r x* D, si elle est perpendiculaire à la ligne S *r* T qui touche la choroïde au point *r*.

Pour rendre l'explication plus facile, on suppose ici que la concavité de cette membrane est sphérique dans l'espace VOHP*r*, soit qu'elle le soit précisément ou à peu près; & que le point *x* est le centre de cette concavité: & par conséquent toutes les lignes dans lesquelles on voit les points lumineux, passent par ce point *x*. Suivant cette supposition, la ligne visuelle *r* D passe par le point *x*, la ligne H *c* A, dans laquelle on voit le point A, passera aussi par le même point *x*, que j'appelle le centre de la vûë: cela étant, il est manifeste que, si la distance du point lumineux est trop petite & qu'il soit au point K, alors les raïons K*e*, K*c*, K*d*, tomberont en différens endroits de la choroïde comme aux points O, H, P, & ne se réüniront point en H, à cause de leur trop grande divergence ou écart, & alors le point K sera vû selon les lignes visuelles O*x*M, H*x*K, P*x*N, quoiqu'il ne soit qu'en la ligne H*x*K; les autres raïons de ce point le feront encore voir dans d'autres lignes visuelles, d'où il s'ensuit qu'il ne sera point vû distinctement.

Cette quatrième Supposition se prouve par plusieurs expériences. Aïez un petit papier *q* R, percé d'un petit trou: mettez une petite épingle au-devant, de manière que la tête de l'épingle soit comme au point K dans la ligne H*x*K, où soit aussi le trou du papier; alors le raïon K *c* H tombant en H, fera voir la tête de l'épingle dans la ligne visuelle H *x c* K: que si on baisse un peu le papier pour faire passer le petit raïon K *e* par le même trou, ce raïon aiant traversé le cristallin se rompra comme en O, plus bas que le point H; & alors la tête de l'épingle paroîtra plus haut que le point K, comme en M, dans la ligne visuelle O *x* M: que si le trou est mis plus haut pour y faire passer le raïon K *d*, le raïon se rompra plus haut que le point H, comme en P; & la tête de l'épingle sera vûe plus bas que le point K, comme en N, dans la ligne P *x* N: que si on fait trois petits trous dans le papier, en sorte que le petit cercle qui passe par leurs centres, soit moindre que l'ouverture de la prunelle, alors si on met l'œil près de ces trous, & que la tête de l'épingle demeure en K, elle paroîtra en trois endroits; ce

qui fait connoître évidemment que les raïons qui de cet objet passent par ces trous, tombent sur divers points de la choroïde, & qu'il y a trois lignes, dans chacune desquelles on voit la tête de l'épingle. On pourra remarquer aussi, que si on éloigne peu à peu l'épingle le long de la ligne K A, ces trois apparences paroîtront s'approcher peu à peu l'une de l'autre, & enfin on trouvera une distance où il n'en paroîtra plus qu'une; ce qui arrivera lorsque plusieurs raïons d'un même point se réüniront au point H. Mettez encore la même tête d'épingle, ou quelqu'autre petit objet opaque moindre en largeur que la prunelle, dans la ligne A C, à trois ou quatre lignes de distance de l'œil, & un autre très-petit objet fort clair en A; il est évident que le petit corps opaque empêchera la plûpart des raïons de l'objet A de passer dans l'œil, & qu'il n'y aura que ceux qui tomberont vers les extrémitez de la prunelle, comme A *e*, A *d*, qui y passeront; & cependant on ne laissera pas de voir le milieu de cet objet dans la ligne visuelle H *x* A, quoiqu'elle passe par le milieu du petit corps opaque; ce qui ne peut procéder que de ce que tous les raïons qui passent près de l'extrémité de la prunelle, se réünissent au point H, la distance A C étant convenable: d'où l'on peut juger facilement, qu'il suffit que le point H soit touché sensiblement par la réünion de quelques raïons obliques, pour faire paroître le point objectif A dans la ligne H *x* A. C'est par la même cause que, lorsque dans un lieu fort obscur on leve l'œil en haut, & qu'on le frotte un peu rudement vers le bas, on voit paroître un éclat de lumière du côté du front, & que si on le frotte vers un des coins, on voit paroître une autre lumière vers le coin opposé.

Par toutes ces expériences on peut être convaincu, qu'un point de la choroïde étant touché sensiblement doit faire paroître quelque lumière ou quelque couleur dans la ligne visuelle tirée de ce point par le centre de la vûë. Par-là on peut connoître d'où vient qu'on voit les objets dans leurs véritables situations, quoique leurs images soient renversées dans le fond de l'œil: car, par exemple, si le point A est le haut d'un arbre & le point D le dessous, son image sera comme en H *r* sur la choroïde, & par conséquent en une situation renversée; mais le point D paroissant dans la ligne *r* *x* D au dehors de l'œil, & le point A dans la ligne H *x* A, ce point A sera vû nécessairement plus haut que le point D, & par ce moïen l'arbre paroîtra dans sa véritable situation. On peut aussi juger qu'un objet médiocrement éloigné comme A, doit paroître dans l'endroit où il est, quand on le regarde avec les deux yeux: car chaque œil dirige son axe vers un point de cet objet, & par ce moïen les raïons qui passent dans l'œil se réünissent dans le point de la choroïde où aboutit cet axe, sçavoir au point H; & par conséquent l'un des yeux le verra dans son axe H *c*; & par la même raison l'autre œil le verra dans son propre axe: d'où il s'ensuit qu'il sera vû au point de l'intersection de leurs deux axes, qui est celui où il est.

Il

Il eſt bon de remarquer ici que, lorſqu'on regarde avec les deux yeux un objet médiocrement éloigné, on juge aſſez bien & à peu près à quelle diſtance il eſt, & enſuite quelle eſt ſa grandeur: mais avec un ſeul œil, on n'en juge pas ſi bien ; d'où vient que de diverſes perſonnes qui regardent une planéte par une même lunette d'approche, ceux qui jugent cette planéte fort proche de l'oculaire, la jugent fort petite, & ceux qui la jugent bien loin au-delà de l'objectif, la jugent fort grande. La même choſe arrive à ceux qui ſe regardent d'aſſez près dans un grand miroir concave: car, s'ils ferment un œil, leur viſage leur paroît médiocrement grand, à cauſe qu'ils le jugent dans la ſurface du miroir; & s'ils le regardent avec les deux yeux, il leur paroît beaucoup plus grand, parce qu'il paroît alors bien avant dans le miroir. La lune paroît beaucoup plus grande, quand elle eſt au bord de l'horiſon, que quand elle eſt fort élevée; parce que les objets qu'on voit diſtinctement proche du lieu où elle ſe leve, comme des maiſons ou des arbres, dont les grandeurs ſont connues à peu près, & qui paroiſſent moins éloignées qu'elle, la font juger fort éloignée, & par conſéquent fort grande en la comparant à ces objets: c'eſt par la même raiſon que ſi un objet dont la grandeur n'eſt pas connue, eſt imaginé à une petite diſtance, il paroîtra petit; & s'il eſt imaginé à une grande diſtance, il paroîtra grand.

PREMIÈRES EXPÉRIENCES POUR LES COULEURS CAUSE'ES PAR LA RE'FRACTION.

Aïez un vaiſſeau large d'environ un pied, comme ABCD: mettez-y de l'eau fort claire & nette, dont la ſurface ſupérieure GFHI ſoit 4 ou 5 pouces plus haute que le fond BC; faites-y tomber fort obliquement un raïon ſolide EFGH par un trou de quatre lignes de diamétre, qui ſoit aſſez près de la ſurface de l'eau: vous verrez premièrement, que ce raïon réfléchira une partie de ſa lumière vers OP, faiſant l'angle OFI égal à l'angle EFG, ſelon la deuxième Suppoſition; & qu'étant reçû en OP, ſur du papier blanc, ſa lumière ſera blanche & ſans aucune couleur. Vous remarquerez enſuite, que le même raïon EFGH diminué de lumière entrant dans l'eau ſe courbera, ainſi qu'il a été expliqué dans la 2e. & la 3e. Suppoſition; & qu'étant reçû au fond de l'eau ſur une ſurface blanche en NLMK, ſa lumière ſera de diverſes couleurs, ſçavoir d'un rouge jaunâtre vers KM, dans le dehors de la courbure, & d'un bleu foible vers NL, dans l'autre extrémité du raïon, & que l'eſpace du milieu entre L & M paroîtra blanc. J'appelle ici l'extrémité courbe GHK la convexité de la courbure du raïon ſolide, & l'autre extrémité EFN, ſa concavité. Il faut entendre dans cette figure & dans les ſuivantes, que le raïon FN vient de la partie ſupérieure du ſoleil, & que le raïon HK vient de la partie in-

TAB. VI. Fig. 9.

inférieure, comme il a été expliqué dans la première Suppoſition.

Aïez encore un priſme de verre, dont la baſe ſoit ſemblable au triangle ABC, aïant l'angle BAC de 40 degrez, afin que recevant directement ſur la ſurface repréſentée par AB, le même raïon ſolide EFGH, qu'on ſuppoſe ici de ſix lignes de largeur, il paſſe ſans ſe rompre juſques en ID, & qu'il puiſſe repaſſer dans l'air; ce qui arrivera ſuivant la 3ᵉ. Suppoſition: car l'angle IFA étant droit, l'angle AIF ſera de 50d, & par conſéquent ce raïon paſſera dans l'air en ſe rompant du côté de l'angle C, comme en ILDO, & l'angle CDO ſera à peu près de 14 degrez. Or, ſi on reçoit ce raïon ſur du papier blanc parallele à la ſurface repréſentée par AB, on obſervera: 1°. Si le papier eſt à 7 ou 8 pouces de diſtance de la ligne ID, on verra du rouge entre L & M, du jaune entre M & K, l'eſpace KS paroîtra blanc, SN bleu, & NO violet. 2°. La même lumière étant reçûe à environ trois pieds de diſtance, le violet & le jaune auront plus d'étenduë que le rouge & le bleu, & toute la lumière reçûe ſur le papier ſera d'une figure ovale, comme la petite figure *ab*, où ſont repréſentés à peu près les intervalles des couleurs; *aef* eſt le rouge, *ed* le jaune, *cb* la pure lumière blanche, *gl* le bleu, & *ilb* le violet; on appellera la ligne *ab*, le diamétre ſelon l'ordre des couleurs. 3°. A une petite diſtance au-deſſous de quatre pouces il ne paroîtra point de rouge ni de violet, mais ſeulement du jaune du côté du point I, & du bleu vers l'autre extrémité de la lumière; on ne voit auſſi ni rouge ni violet au fond de l'eau dans l'expérience de la 9ᵉ. figure, où ce fond n'eſt éloigné de la ſurface ſupérieure, que de 4 ou 5 pouces; & dans toutes les petites diſtances au-deſſous de deux pouces, la lumière reçûe ſur le papier paroît toute blanche, ou preſque toute blanche. 4°. On pourra remarquer qu'à une diſtance d'environ 4 pieds il ne paroît plus de blanc, mais du rouge, du jaune, du bleu & du violet; & même dans une diſtance de 10 ou 12 pieds, le jaune & le bleu s'avancent l'un ſur l'autre, & font du verd par leur mêlange: les Peintres & les Teinturiers font auſſi du verd en mêlant du bleu avec du jaune, & ſi on regarde une fleur jaune à une lumière bleue comme celle du ſoufre où de l'eſprit de vin, cette fleur paroîtra verte. 5°. Si on met un corps opaque comme *pq*, à cinq ou ſix pouces de diſtance du priſme, & qu'on l'avance ſucceſſivement pour intercepter une partie du raïon ſolide; quand on commencera du côté du raïon IL, qui eſt dans la convexité de la courbure, on verra toûjours du rouge & du jaune vers l'extrémité de l'ombre du corps opaque, ſi elle eſt reçûe à deux ou trois pieds de diſtance, quand même on l'avanceroit juſques au raïon DS; & quand on le pouſſera de DO vers IL, on verra toûjours du violet & du bleu proche l'extrémité de ſon ombre, juſques au-delà de IK. 6°. Au lieu que le priſme étant ôté, il paroît dans toutes les diſtances une lumière toute ronde ſur le papier, lorſqu'on l'expoſe directement au raïon ſolide; on verra que le même raïon aïant traverſé le priſme, le diamétre ſelon l'orde des couleurs

TAB.VI. Fig. 10.

ne

ne conservera pas sa grandeur proportionelle aux distances, mais qu'étant reçû à 3 ou 4 pouces de distance, ce diamétre sera plus petit d'environ un tiers que celui qui le coupe à angles droits; & qu'en éloignant peu à peu le papier, ce diamétre selon l'ordre des couleurs s'agrandira peu à peu, de manière qu'à une distance d'environ un pied, la lumière paroîtra ronde, & à une distance de 7 ou 8 pieds ce même diamétre deviendra quatre ou cinq fois plus grand que l'autre; & si on tourne le prisme en sorte que le rayon rompu D O rase la ligne D C, ce diamétre selon l'ordre des couleurs paroîtra à un pouce ou deux de distance, trois fois plus petit que l'autre, & huit ou dix fois plus grand, à 10 ou 12 pieds de distance. 7°. Si vous faites tomber un rayon de trois ou quatre lignes de largeur, perpendiculairement sur la surface B C, il passera sans se rompre sur A B, d'où il se réfléchira entièrement sur A C, par la troisième Supposition, parce que l'angle qu'il fera avec la ligne A B, sera moindre que 41 ^{d}, 25′, & repassant dans l'air au-delà de la ligne A C, il fera une réfraction très-petite; alors, si on le reçoit sur du papier blanc à telle distance médiocre qu'on voudra, comme de 10 ou 20 pieds, sa lumière ne paroîtra colorée que d'un peu de jaune d'un côté & d'un peu de bleu de l'autre. Si l'angle B A C n'étoit que de 6 ou 7 degrez, la réfraction seroit très-petite, & le rayon rompu I L D O n'auroit aussi que du jaune du côté de la convexité, & du bleu de l'autre côté, à telle distance qu'on pût le recevoir.

REMARQUE.

On a représenté dans cette figure, & dans les précédentes, l'écart des rayons rompus plus grand qu'il ne doit être; & dans la plûpart des autres figures, on n'observe pas la proportion des intervalles, parce que quelques-uns seroient trop petits pour être distingués, & quelques autres trop grands pour être mis sur le papier. Et quand on dit qu'un rayon solide tombe directement sur une surface, on considére tout le rayon comme s'il venoit du centre du Soleil: car les rayons des parties éloignées du centre souffrent un peu de réfraction; mais comme elle est insensible, on ne la considére point dans la plûpart des figures, pour éviter la multiplicité des lignes.

On peut faire les mêmes expériences que celles de la figure 10e, avec un petit vaisseau plein d'eau, tel qu'il est représenté en la 11e. figure. A B D E est une petite lame de fer blanc ou de cuivre, d'un pouce & demi de largeur & de trois pouces de longueur, où sont appliqués à angles droits deux triangles, A B G, E D C, de la même matière. A E C G, B D C G sont deux petites glaces de verre, bien polies, collées avec quelque mastic sur la lame E B, & sur les deux triangles, en sorte que l'eau n'y puisse passer. On emplira le vaisseau d'eau claire, par une petite ouverture qui doit être au haut des deux glaces entre C & G, & on le tournera en sorte que le rayon solide F I H K soit parallele

TAB. VI. Fig. 11.

rallele au plan AD. L'angle ABG doit être de 42 ou de 43 degrez, afin que le rayon solide passant au travers de l'eau jusques au verre CB, sans souffrir de réfraction sensible, il puisse repasser dans l'air en LMNO avec une grande courbure. Recevez ce rayon sur du papier blanc à 8 ou 10 pouces de distance, & vous verrez du rouge entre M & p, & du violet entre q & O: les autres couleurs paroîtront de la même manière à peu près qu'on les remarque par le moïen du prisme de la figure 10e.

On voit manifestement par ces expériences, qu'on ne peut attribuer ces couleurs différentes qu'aux modifications différentes que les réfractions donnent à la lumière dans les courbures qu'elle reçoit en passant à travers l'eau & les autres corps transparens: car la réflexion de la lumière sur une surface très-polie ne produit point de couleurs, comme on le peut voir dans la lumière PO de la 9e. figure; & si par la réflexion d'un miroir d'acier très-poli on fait tomber perpendiculairement un rayon solide du soleil sur une surface d'eau horisontale, il ne s'y fera point de réfraction sensible, & il ne paroîtra aussi que de la blancheur vers le fond de l'eau dans les extrémitez de cette lumière.

Quelques-uns croïent que les couleurs différentes que les prismes font paroître, procédent de ce qu'il y a moins d'épaisseur de verre à traverser vers A que vers B, dans la 10e. figure, & que le rouge se fait du côté de l'angle A, & le violet du côté de l'angle B, où le verre est plus épais; mais l'eau de la figure 9e. est d'égale épaisseur par-tout, & il ne laisse pas de s'y faire des couleurs. D'ailleurs, il est aisé de juger que la partie de la lumière qui est dans l'extrémité IL de la 10e. figure, doit être modifiée d'une autre manière, que celle qui est dans l'extrémité DO, parce que la lumière peut se mouvoir plus facilement du côté de la convexité FIL, où elle est plus au large que du côté de la concavité HDO, où elle est plus à l'étroit: & on ne peut douter que les modifications différentes ne fassent des impressions différentes sur les organes de la vision, ni que ces impressions quelles qu'elles puissent être, ne soient aussi très-différentes de celles que produit la lumière directe, quoiqu'on ne connoisse point toutes ces impressions, ni quel rapport elles ont aux couleurs qu'elles font paroître.

On peut donc tenir pour certain, que le rouge & le jaune paroissent toûjours vers les extrémitez des convexitez des courbures, & le bleu & le violet vers les extrémitez des concavitez, soit que le rayon se rompe de l'air dans l'eau, ou dans le verre, soit qu'il se rompe du verre, ou de l'eau, dans l'air.

SECONDES EXPÉRIENCES.

TAB. VI Fig. 12. Aïez un morceau de verre assez épais ABCD, tel que les surfaces plattes ADBC, soient paralleles: faites qu'un rayon solide EFGH passant par une ouverture de deux lignes tombe dessus obliquement; vous

vous verrez qu'il se rompra en entrant dans le verre, selon la 3e. Supposition, faisant une courbure EFIGHL; & que repassant dans l'air au-dessous de BC, il se redressera, faisant une seconde courbure FIMHLN, égale à la première, mais en un autre sens. Or les parties de la lumière auront changé de situation : car l'extrémité FI, qui étoit dans la concavité de la première courbure, sera dans la convexité en IM; & HL, qui étoit dans la convexité GHL, sera dans la concavité en LN: alors si vous recevez cette lumière en MN, à sept ou huit pouces de distance, ou à quelque autre plus grande, il n'y paroîtra que de la blancheur.

REMARQUE.

Pour éviter l'obscurité, on n'a pas représenté en cette figure les rayons des diverses parties du Soleil, ni leurs réfractions au juste: & lorsque dans la suite on dira que les secondes réfractions sont contraires aux premières, ou que les parties extrêmes de la lumière auront changé de situation dans les secondes réfractions; on doit entendre que celles qui étoient dans la convexité de la première courbure, seront dans la concavité de la seconde, & que celles qui étoient dans la concavité de la première, seront dans la convexité de la seconde.

Aïez aussi un vaisseau de sept à huit pouces de largeur, au fond duquel vous mettrez du vif argent de la hauteur d'un pouce, ou de deux; versez-y doucement de l'eau nette & claire, jusques à cinq ou six pouces de hauteur. La surface supérieure du vif-argent est représentée par la ligne BC de la 12e. figure, & celle de l'eau par la ligne AD; ces deux surfaces seront paralleles, puisque l'une & l'autre se mettront de niveau. Faites-y tomber un rayon oblique EFGH: il se rompra comme en IL, faisant un jaune rougeâtre en L, & du bleu en I; & la surface du vif-argent étant très-nette, servira de miroir pour le faire réfléchir en OP, faisant l'angle IOF égal à l'angle IFO; & par conséquent le 2e. rayon rompu OPqR aura sa courbure IOq égale à la courbure IFE par la troisième Supposition, & les parties de la lumière auront changé de situation, comme on le voit en la figure. TAB.VI. Fig. 12.

Recevez cette lumière en q R à sept ou huit pouces de distance, & tant loin au-delà que vous voudrez, il n'y paroîtra que de la blancheur, non plus que dans le rayon FSHT, réfléchi sur la surface AD, & les lumières de ces rayons étant reçûes sur une même surface représentée par la ligne STQR, y feront leurs bases semblables; mais celle du rayon rompu sera un peu plus grande, suivant la proportion de la somme des lignes EF, FS, à la somme des lignes EF, FI, IO, Oq.

Pour bien faire cette expérience, il faut suspendre le vaisseau où est le vif-argent; car autrement le moindre mouvement feroit rider sa surface BC, & faire des réflexions ondoïantes à la lumière, laquelle par

ce moïen prendroit plusieurs différentes figures.

Si on reçoit le rayon O P *q* R, tout près de l'eau, on pourra remarquer un peu de jaune proche le point P, & un peu de bleu vers O, parce que les rayons extrêmes ont encore à la sortie de l'eau un peu de la couleur qu'ils avoient dans l'eau, entre I L & O P; mais la 2e. réfraction efface ces couleurs à une médiocre distance, & redonne au rayon les mêmes dispositions à l'égard de la couleur & de la figure qu'il eût eues, s'il n'eût souffert aucune réfraction.

Que si au lieu du vif-argent vous mettez un petit miroir plat de métail au fond de l'eau, vous pourrez le tourner en diverses situations, pour faire augmenter ou diminuer l'angle L P A, & vous remarquerez: 1°. Si cet angle est plus grand que l'angle L H D, comme il arrivera si le rayon se réfléchit en V Q, entre les points H & O, & qu'il se rompe en V *y* Q *x*; la 2e. courbure sera moindre que la première, & les parties extrêmes de la lumière auront changé de situation: alors les mêmes couleurs ne laisseront pas de paroître dans les mêmes parties, sçavoir un jaune rougeâtre en *x*, & du bleu en *y*. 2°. Si vous faites tomber par réflexion le même rayon F L en *h m*, entre A & F, en sorte qu'il repasse dans l'air au-dessus de A D; il se rompra comme en *f g*, sans que les extrémitez de la lumière changent de situation, comme on le voit en la figure; & alors l'extrémité L *h f* qui n'avoit qu'une foible couleur de jaune rougeâtre en H L, sera d'un beau rouge en *f*, avec du jaune au-dessous; & l'extrémité I *m g*, qui n'avoit que du bleu en I, sera d'un beau violet en *g*, avec du bleu au-dessus. On commencera à voir du verd à huit ou neuf pouces de distance dans le milieu de la lumière; & à quinze ou vingt pieds on ne verra distinctement que du rouge, du verd & du violet. 3°. Tournez le petit miroir de manière que le même rayon F L se réfléchisse entre P & D, comme en *a b*, faisant la seconde courbure L *b d* plus grande que la première G H L; vous verrez que les extrémitez de la lumière qui auront changé de situation, comme on le voit en la figure, changeront leurs couleurs: car la partie L *a* qui étoit rouge dans l'eau en *r*, deviendra violette en *d*, & le rayon I *a* qui étoit bleu dans l'eau, deviendra rouge en *e*, & plus la courbure sera grande, plus les couleurs changées seront vives & éclatantes, pourvû qu'on les reçoive à une distance plus grande que de cinq à six pieds.

TAB. VII. Fig. 13. On verra de semblables apparences & avec plus de facilité dans un prisme comme A B C, semblable à celui de la figure 10e, en observant les choses suivantes.

Recevez un rayon solide *a b c d* sur la surface A B proche du point A, sous un angle moindre que 30 degrez comme *a b* A; il se rompra comme en *b* D *d* E sur la surface représentée par A C, & se réfléchira entièrement en D *e* E *f* par la troisième Supposition, d'où il se rompra une seconde fois en *e g f b*; les parties extrêmes auront changé de situa-

ſituation comme on le voit en la figure, & la première courbure ſera plus grande que la ſeconde, comme on le pourra connoître par le calcul; vous verrez alors des couleurs très-foibles en *hg*, ſçavoir du rouge jaunâtre vers *b*, & du bleu vers *g*; de même qu'on les aura vûes en *yx* dans la 12e. figure.

Pour connoître les différences des courbures contraires, on en fera le calcul en la manière ſuivante ſelon les tables des ſinus.

L'angle *ab*A eſt de 25 degrez; L*b*I coupe à angles droits AB; l'angle *ab*L eſt de ſoixante cinq degrez; ſon ſinus eſt 90630: ôtez-en le tiers, il reſtera 60420, qui eſt le ſinus de 37^d^, 10′ pour l'angle diminué D*b*I: & parce que l'angle A eſt de 40^d^, & l'angle obtus A*b*D de 127^d^, 10′; l'angle AD*b* ſera de 12^d^, 50′, & par la troiſième Suppoſition le rayon ſe réfléchira entièrement, puiſque cet angle eſt moindre que 48^d^, 12′: l'angle de réflexion *e*DC ſera auſſi de 12^d^, 50′; & l'angle C étant de 50^d^, l'angle extérieur D*e*B ſera de 62^d^, 50′, & D*ec* de 117^d^. 10′. Donc le rayon repaſſera dans l'air, & K*e* étant ſuppoſée perpendiculaire à BC & D*e* continuée directement en M, l'angle M*e*K ſera de 27^d^, 10′; ſon ſinus eſt 45658; la moitié de ce nombre eſt 22829; leur ſomme eſt 68481 ſinus de l'angle augmenté K*eg* de 43 degrez 14′. Donc *ge*C ſera de 46^d^, 46′, & par conſéquent la courbure D*eg* ſera moindre que la courbure *ab*D, car l'angle D*eg* ſera de 163^d^, 56′, & l'angle *ab*D de 152^d^, 10′. Faites tomber le même rayon *abcd* proche du point B, comme on le voit en la figure, & faites un calcul ſemblable à celui ci-devant; vous trouverez que le rayon rompu *b*G ſe réfléchira entièrement en GO ſur AC, que l'angle de réflexion *o*G*c* ſera de 37^d^, 10′, & par conſéquent G*o*C de 92^d^, 50′, puiſque l'angle C eſt de 50^d^. Donc G*o*A ſera de 87^d^, 10′, & par conſéquent le rayon repaſſera dans l'air & ſe rompra comme en ONHP, du côté de l'angle C; & ainſi les parties extérieures de la 2e. courbure n'auront point changé de ſituation, quoique cette courbure ſoit en un ſens contraire à la première. TAB. VII. Fig. 13.

Recevez ce rayon à ſept ou huit pieds de diſtance; vous verrez une grande vivacité de couleurs, ſçavoir du rouge en P, & du violet en N, du jaune auprès du rouge, & du bleu auprès du violet, & à une grande diſtance, comme de vingt-cinq ou trente pieds, on ne verra diſtinctement que du rouge, du verd, & du violet: d'où il s'enſuit, que les ſecondes réfractions qui ne changent point la ſituation des parties, augmentent la vivacité des couleurs. Servez-vous encore d'un priſme commun de verre, dont les baſes ſont des triangles équilatéraux; le triangle équilatéral ABC, dans la figure 16e, repréſente la ſection d'un de ces priſmes; il s'y fera toûjours deux réfractions de ſuite en un même ſens, ſi l'angle d'incidence du rayon DEF*g* eſt plus grand que 27^d^, 56′; car s'il étoit de 27^d^, 55′, ou moindre, le premier rayon rompu EH*g*I feroit l'angle *g*IB moindre que 48^d^, 12′, & par la 3e. Suppoſition, il TAB. VII. Fig. 16.

 ſe

se réfléchiroit entièrement. Or les deux réfractions FgI, gIM, ne changent point la situation des parties extérieures du rayon solide: recevez ce dernier rayon rompu HNIM, à une distance d'un pied, ou à une autre plus grande; vous verrez toûjours du rouge vers IM avec du jaune, & du violet vers HN avec du bleu: & si on tourne ce même prisme en sorte que le premier rayon rompu gI soit parallele à la base AC; ce qui arrive quand l'angle AgF est de 41^d, $24'$, $30''$; le verd paroîtra à trois ou quatre pieds de distance, si la lumière passe librement par toute la largeur du prisme qui est ordinairement d'un pouce: mais si on le tourne de manière que l'extrémité du violet rase la ligne HC, comme la figure le montre dans le rayon $bRmq$ qui vient du rayon $fxyd$, dont l'angle d'incidence est de 27^d, $56'$, le verd paroîtra à un pouce de distance de C, entre R & q. Que si le rayon n'a que deux lignes de largeur, & que l'angle CHN soit de 41^d, $24'$, $30''$, le verd paroîtra à huit ou neuf pouces de distance entre N & M, au lieu que dans le prisme de la figure 13[e], il ne commence à paroître qu'à quatre pieds ou environ, quand il n'y a qu'une seule réfraction, & à près de 5 pieds, dans le prisme d'eau de la 11[e]. figure. Ce qui fait encore voir manifestement que la 2[e]. réfraction qui ne change pas la situation des parties extérieures, fortifie les couleurs & les rend plus vives, puisque la blancheur pure de la lumière disparoît à une moindre distance, que quand il n'y a qu'une réfraction.

Que si dans la 12[e]. figure on tourne le petit miroir jusques à ce que le rayon réfléchi Ia, se rompant en ae, fasse l'angle eaD de cinq ou six minutes, on ne verra que du rouge, & les parties qui doivent faire les autres couleurs, ne passeront point dans l'air & se réfléchiront entièrement; & enfin si l'angle LbA est de 41^d, & au-dessous, toute la lumière se réfléchira vers le fond de l'eau selon la 3[e]. Supposition.

Pour faire des hypothèses qui puissent satisfaire à toutes les apparences de ces premières & secondes expériences, il faut premièrement considérer ce qui arrive aux rayons qui se rompent selon les loix ordinaires de la réfraction, & ensuite si ceux qui font les couleurs, suivent d'autres régles dans leurs réfractions.

TROISIÈMES EXPÉRIENCES.

TAB. VII, Fig 14. Soit donc ABC, dans la figure 14[e], un prisme semblable à celui de la 10[e]. figure, dans lequel l'angle A est droit, & l'angle C de 40 degrez, & par conséquent l'angle B de 50^d. ab est le diamétre du soleil parallele à AC. DE, Fg, sont deux rayons qui viennent du point b; on les suppose perpendiculaires à AC. rg est un rayon qui vient du point a, & qui tombant obliquement sur AC fait l'angle rgF de $32'$, & se rompt en ge. Les rayons DE, Fg, passeront en Eb & gi, sans se rompre. bM, IN, sont les rayons rompus de DEb, Fgi, selon les loix ordinaires de

de la réfraction. gIK eſt une ligne droite. BMNK eſt parallele à AC. On trouve les angles de ces rayons & les proportions de leurs lignes en cette ſorte. L'angle gIC eſt de 50ᵈ, & KIB de même; qI eſt perpendiculaire à BC; donc l'angle KIq ſera de 40ᵈ : le ſinus de 40 degrez eſt 64278, dont la moitié eſt 32139: leur ſomme eſt 96417, ſinus de 74 degrez 37′, pour l'angle augmenté qIN; donc l'angle BIN ſera de 25 degrez 23′: le rayon DE b ſe rompra de même en bM parallele à IN; l'angle extérieur INK ſera de 55 degrez 23′, car CBK eſt de 40 degrez; donc ſi 82297 ſinus de 55 degrez 23′, complément de BNI, donne 36 lignes, grandeur ſuppoſée de IB, 26527 ſinus de BIN de 15 degrez 23′, donnera BN de 11 lignes $\frac{10}{17}$ à peu près.

On trouvera par un ſemblable calcul que IN ſera de vingt-huit lignes à peu près. m I eſt parallele à Eg; l'une & l'autre eſt ſuppoſée de deux lignes. On trouvera par le calcul que la ligne b I eſt de deux lignes $\frac{3}{5}$. Mais, comme BI eſt à bi, ainſi BN eſt à MN; donc MN ſera de $\frac{5}{6}$ de ligne. L'angle rgf eſt de 32′; donc ſelon les loix de la réfraction, l'angle diminué Ige ſera de 21′, 30″; & oe étant parallele à Eg, & go étant de ſix lignes de longueur, oe ſera environ $\frac{1}{26}$ de ligne, & Ie, $\frac{1}{20}$. ges eſt une ligne droite, e T eſt perpendiculaire à BC, l'angle geC, égal aux deux egI, eIg, ſera de 50 degrez 21′, 30″, comme auſſi $ſe$B. Donc T$eſ$ ſera de 39 degrez 38′, 30″; ſon ſinus eſt 63798; la moitié eſt 31899; leur ſomme eſt 95697, ſinus de 73 degrez 8′, pour l'angle augmenté TeP. Donc B eP ſera de 16 degrez 52′. L'angle extérieur ePK, complément de BPe & égal aux deux B & B e P, ſera de 56 degrez 52′; ſon ſinus eſt 83740: ſi ce nombre donne B e de trente-ſix lignes $\frac{1}{20}$, le ſinus de Pe B 29014 donnera un peu moins de douze lignes & $\frac{1}{2}$ pour la ligne BP. Donc NP ſera environ $\frac{9}{10}$ de ligne, & étant jointe à MN de $\frac{5}{6}$, la ligne entière MP ſera à peu près d'une ligne $\frac{3}{4}$. Mais Eg eſt de deux lignes; & les rayons des points extrêmes du diamétre du ſoleil qui coupe à angles droits le diamétre ab, feront ſur le plan BC un intervalle d'environ deux lignes $\frac{1}{20}$ ſelon la 3ᵉ. Suppoſition; & par conſéquent le diamétre qui dans l'ovale de lumière coupe à angles droits le diamétre qui eſt ſelon l'ordre des couleurs, ſera le plus grand, & le paſſera d'environ $\frac{1}{6}$; ce que vous pourrez aiſément obſerver. Il ne poroîtra point de rouge, ni de violet dans les extrémitez de la lumière, à cette petite diſtance, mais à un pied de diſtance, le diamétre ſelon l'ordre des couleurs ſera plus de trois fois plus grand que l'autre, quoique ſelon les régles ordinaires de la réfraction il ne dût être qu'environ deux fois plus grand; ce qui fait voir que les rayons rouges & violets font un plus grand écart que ſelon ces régles.

Recevez encore le rayon ſolide DEFg ſur le priſme ABC de la 16ᵉ. figure, où l'on ſuppoſe que les angles FgA & MIC ſont chacun de 41ᵈ, 24′, 30″; & que les rayons DE, Fg, viennent d'une des extrémitez du diamétre du ſoleil, & les rayons rg, ZE, de l'autre extré- TAB. VII. Fig. 16.

mité

mité opposée; l'angle *rg* F sera de trente-deux minutes, son premier rayon rompu est *ge*, son 2e. rayon rompu est *es*: on trouvera par le calcul selon les régles de la troisième Supposition, que l'angle C*es* sera environ de $41^d, 56', 40''$. D'où il s'ensuit que, si ces rayons colorés ne faisoient pas un écart plus grand que selon les régles ordinaires de la réfraction, le diamétre selon l'ordre des couleurs seroit à une distance de neuf ou dix pieds sensiblement égal à l'autre; mais, par l'expérience, il est plus de trois fois plus grand: d'où il suit nécessairement que le rouge fait un écart comme en *ex*, & le violet comme en HV; c'est-à-dire, que ces rayons rouges & violets sont comme poussés en dehors & écartés par les parties intérieures du rayon solide, de même manière que les parties extérieures d'un jet d'eau sont repoussées & écartées par les intérieures, quoiqu'à la sortie de l'ajustage elles aient une même direction.

Pour mieux connoître la vérité de cette conséquence, servez-vous du prisme de la figure 15e, semblable à celui de la figure 10e, où l'angle A est supposé de 40 degrez, & l'angle C de 50^d; le rayon solide DEFG est supposé venir d'une très-petite partie du soleil d'environ une demi minute de diamétre: vous aurez un tel rayon, si vous faites passer la lumière du soleil par un trou dont le diamétre soit d'un demi quart de ligne, & que vous receviez cette lumière à douze pieds de distance sur du papier où il y ait un trou de même petitesse; car, selon la première Supposition, la lumière qui passera par cette seconde ouverture, viendra d'une partie du soleil qui n'aura qu'environ $32''$ de diamétre; l'écart des rayons extrêmes DE, FG, sera insensible dans une distance de six pouces par la première Supposition, puisqu'à une distance de neuf pouces, la base du cone de lumière opposé à celui qui a pour base dans le soleil une demi minute, n'auroit que $\frac{1}{64}$ de ligne de diamétre; ce rayon solide DEFG tombant perpendiculairement sur le côté AB, passera sur AC en HI sans se rompre; *aa* est un rayon également distant des deux extrêmes DEH, FGI, leurs rayons rompus sont HK, *aa*, IL. On trouvera par un calcul semblable à celui qui est dans l'explication de la 14e. figure, que l'écart des rayons HK, IL, sera d'environ une minute & demi, & que le diamétre selon l'ordre des couleurs ne devroit pas être plus grand que l'autre; & cependant il vous paroîtra plus de trois fois plus grand, quoique l'extrémité du violet ne soit pas visible. D'où l'on voit évidemment, comme dans les expériences précédentes, que les rayons extérieurs qui font le rouge & le violet, font un écart plus grand que selon les régles de la troisième Supposition; ou, ce qui est la même chose, que les rayons rouges font leur réfraction moindre que selon la proportion de 3 à 2, & que les rayons violets la font plus grande.

TAB. VII. Fig. 15.

Cela étant supposé, on peut concevoir que les écarts de ces rayons se font en la manière suivante.

Une partie de la lumière du rayon IL s'écarte comme en IN d'un

côté

côté, & comme en I *e* de l'autre; faisant du bleu dans l'espace LIO, du violet en OIN, du jaune en LIK, & du rouge en KI *e*. Le rayon HK s'écarte aussi comme en KHM d'un côté, & de l'autre comme en KHO, faisant KH *e* jaune, *e* HM rouge, KHL bleu, & LHO violet. Le rayon *a a* & tous les autres qui passeront entre H&I, feront des écarts semblables de couleurs de part & d'autre dans le même ordre. Or, un rayon comme IL, d'une épaisseur insensible, ne rendroit pas ses écarts colorés visibles, puisqu'on a beaucoup de peine à voir toute la lumière entre M & N, & il est nécessaire que la lumière de l'écart de chaque rayon particulier soit fortifiée par les écarts des autres rayons: ainsi un rayon qui passera entre *a* & I, faisant son écart violet au-delà de IO, l'extrémité de cet écart coupera IO en quelque point comme en *q*, & fortifiera le violet du rayon IL au-delà de la ligne *q* O entre *q* O & IN. Par la même raison, un rayon qui passera entre *a* & H, faisant son écart rouge au-delà du rayon H*e*, l'extrémité de cet écart coupera H *e* comme au point *r*, & fortifiera le rouge du rayon HK au-delà de *r e* entre *r e* & HM, & ainsi à l'égard des autres rayons & des autres couleurs: & parce que les rayons entre IL & HK poussent leur jaune depuis L jusques en *e*, & leur bleu depuis K jusques en O, ces couleurs se mêleront entre K & L, & y feront paroître du verd, aux extrémitez duquel il y aura un peu de bleu entre O & L, & un peu de jaune entre K & *e*.

Recevez encore sur le même prisme le rayon solide *dbf*, que je suppose venir de tout le disque du soleil; le point *b* représente un petit trou fait avec la pointe d'une éguille très-fine, en sorte qu'un cheveu y puisse à peine passer; le rayon *db* vient d'une extrémité du diamétre apparent du soleil à AB, & le rayon *fb* vient de l'autre extrémité; le rayon *a b* vient du centre, & il est supposé tomber perpendiculairement sur AB, & par cette raison il passe sans se rompre jusques en *o* sur la ligne AC; *db* se rompt un peu en *bg*, & *fb* en *be*, l'un & l'autre du côté de *bo*; *ao* repassant dans l'air se rompra en *oa* faisant l'angle C*oa* d'environ 15d, 23′, si l'angle C est de 50 degrez; *e* L est le rayon rompu de *be*, & *gh* de *bg*; selon les régles de la troisième Supposition; leur écart se trouvera par le calcul d'environ un degré & demi, quoique l'angle *gbe* soit moindre que de 32′. Or, suivant l'hypothèse ci-dessus, le rayon rompu *g b* fera son écart bleu comme en *h g q*, son écart violet comme en *q g y*, son écart jaune pourra aller en *hgx*, & son écart rouge en *x g a*; le rayon *e* L fera son écart jaune comme en L *e n*, son écart rouge en *nez*, son écart bleu en L*eu*, & son écart violet en *u e a*; le rayon *oa* fera ses écarts de même part & d'autre, aussi-bien que ceux qui, venant des autres parties du soleil, passeront entre *e* & *g*; ceux qui passeront entre *o* & *g*, fortifieront le bleu & le violet de *gh*, & ceux qui passeront entre *o* & *e*, fortifieront le jaune & le rouge de *e* L; les écarts jaunes & bleus se mêleront dans l'espa-

TAB. VII. Fig. 15.

ce *b* L, à la reserve d'un peu de jaune qui paroîtra vers L, & d'un peu de bleu qui paroîtra vers *b*; & par ce moïen tout le reste de cet espace entre *b* & L à une distance médiocre sera verd: on aura de la peine à discerner le violet à cause de sa foiblesse, si ce n'est que le papier ne reçoive point d'autre lumière que celle qui passera par le point *b*; la longueur du diamétre selon l'ordre des couleurs sera à cinq ou six pouces de distance, plus de quatre fois plus grand que l'autre diamétre, si on tient le papier parallele à la surface AB, quoique suivant les régles de la troisiéme Supposition il dût être moindre que triple; ce qui confirme les autres expériences du grand écart des extrémitez du rouge & du violet.

Pour connoître ces choses plus précisément, & pour s'assûrer que les expériences s'accordent avec l'hypothése de l'écart des couleurs de part & d'autre, on pourra faire encore les expériences suivantes.

TAB. VII. Fig. 17. *abc*, dans la figure 17e, représente un prisme semblable à celui de la 15e. figure: l'angle *a* est de quarante degrez, & l'angle *c* de cinquante degrez: AIB représente le diamétre du soleil parallele à la section *ab*, laquelle est exposée directement au soleil, dont la lumière est supposée traverser tout le prisme jusques à la surface représentée par le côté *ac*, que je suppose être couvert d'un corps opaque, à la reserve de l'ouverture CED: cette ouverture représente celle de la première figure: les rayons qui représentent en cette figure 17e. ceux de la première figure, sont marqués des mêmes lettres, pour pouvoir mieux distinguer la lumière entière & les pénombres: les rayons CR, DG, viennent du point A; & CF, DK, du point B: EL vient du point I: CR, DK, se coupent au point M: CR, ES, sont paralleles à DG, & EH à CF: le point M est celui qui termine la lumière entière, comme en la première figure: le triangle CMD sera illuminé par toutes les parties du soleil; mais au lieu que dans la première figure la ligne CM seroit d'environ cinquante-quatre pouces si CED est de six lignes, elle sera ici beaucoup moindre à cause du grand écart que la réfraction donne aux rayons rompus CF, CR, comme il a été remarqué dans l'explication de la 6e. figure.

On verra donc une lumière entière dans le triangle CMD, & cette lumière sera toute blanche & sans couleurs: non seulement parce que sa plus grande partie procéde des rayons qui suivent les loix de la réfraction sans écart, & que les écarts qui doivent faire le rouge, le jaune, le bleu & le violet, s'y détruisent mutuellement; mais aussi à cause de la grande force de cette lumière, comme on en voit un exemple dans la lumière du soleil, qui aiant passé par un verre coloré passe ensuite à travers une loupe, ou verre convexe, car cette lumière colorée paroît toute blanche dans le foïer de la loupe, à cause de la lumière qui y est réünie.

Le rayon CF s'écartera en CN, faisant du bleu en FC*h*, & du violet en *b*CN: EH & *u*7 paralleles à CF feront les extrémitez de leurs écarts violets paralleles à CN, en *ur* & EL; & ainsi une partie du violet

let de CF sera fortifié par les écarts violets des rayons qui passeront entre E & C, comme il a été montré en la 15e.figure : DK sera aussi l'extrémité de son écart violet parallele à CN ; & à une grande distance il passera au-delà de la ligne C *h*, qui fait l'extrémité de l'écart bleu du rayon rompu CF ; & par cette raison tout le violet se séparera des autres couleurs à une grande distance : D G fait l'extrémité de son écart jaune comme en D O, & l'extrémité de son écart rouge comme en D P : & parce que le rayon Q 2 parallele à D G fait l'extrémité de son écart rouge comme en Q T, & qu'il est fortifié par les écarts des rayons qui passent entre D & Q, & qui s'avancent au-delà de Q T ; le rouge pourra commencer à paroître au point *f* dans l'interfection des lignes D O & Q T : & d'autant que la vivacité des couleurs de chaque écart diminue en la raison doublée des distances, de même que la vivacité de la lumière directe de chaque point lumineux ; l'extrémité de l'écart rouge de Q 2 aura moins d'éclat entre T & *f* qu'au point *f*, & l'écart du rouge de D G sera aussi moins vif au point T, & dans toute la ligne *f* T, qu'au point *f* ; & ainsi le point *m*, dans la ligne Q T, ne pourra faire l'extrémité du rouge visible ; mais quelque autre point *n* plus près de la ligne D O, entre *f* O & *f* T.

Par les mêmes raisons, l'extrémité du jaune visible ne sera point en la ligne D O, parce qu'il est nécessaire qu'il soit fortifié par les écarts jaunes de quelques autres rayons, comme de ceux qui passent entre D & Q, & par ce moïen cette extrémité sera entre D O & D G, comme au point *g*, & une autre extrémité du jaune pourra être comme au point 3. La distance qui est entre les points 3 & *n*, qui sont entre les lignes Q T & D G, pourra être la largeur de tout le rouge visible à cette distance ; & par conséquent à une plus grande distance, le point qui terminera le rouge, sera encore plus éloigné de la ligne DP, comme en V, & la distance entre *d* & V sera en cet endroit la largeur du rouge, & la ligne *f n* V qui termine l'extérieur du rouge, sera une ligne courbe qui s'éloignera toûjours des lignes D P & D G ; l'extrémité du jaune sera aussi une ligne courbe qui s'écartera de DO, du côté de DG, comme la ligne *g* 3 *d*, qui le terminera extérieurement. Les mêmes choses arriveront de l'autre part : car, par les mêmes raisons, l'extrémité extérieure du violet visible commencera comme au point *q* dans l'intersection des lignes *u r* & C *h* (*u r* parallele à C N est l'extrémité de l'écart violet de *u* 7) & cette extrémité sera en une ligne courbe comme *q x z*, qui s'éloignera toûjours des lignes C N & C F ; l'extrémité extérieure du bleu sera en une ligne courbe, comme 4 *y e*, commençant au point 4, qui est entre les lignes C *h*, C H, mais tres-proche de la ligne C *h*. La distance entre *z* & *e* sera en cet endroit la largeur du violet, le bleu foible qui est entre *e* & *h*, mêlé avec le violet , sera paroître du violet ; & le rouge mêlé avec le jaune foible qui est près de *d*, y fera paroître du rouge & de l'orangé.

 Le

Le verd commencera à paroître au-delà du point M, dans l'espace KMR, où le bleu & le jaune sont d'égale force à peu près par-tout. Mais il ne paroîtra que du jaune dans l'espace MD3: car l'écart jaune de DG y sera fortifié par les écarts jaunes de Q2, & de tous les rayons qui lui seront paralleles passant entre D & E, comme aussi l'écart jaune de Q2 sera fortifié par les écarts jaunes de tous les rayons qui lui seront paralleles passant entre *u* & Q: mais l'écart bleu de DG ne sera pas fortifié par celui de Q2, ni celui de Q2 par les écarts bleus des rayons qui lui sont paralleles passant entre Q & *u*, & de même à l'égard des écarts bleus qui vont jusques à DM; ce qui fait que le bleu y est très-foible, & que l'éclat du jaune l'efface.

La même chose arrive aux écarts bleus & jaunes dans l'espace MC*y*; car, par les mêmes raisons, le jaune y est surmonté de beaucoup par le bleu.

On verra un semblable effet, si on coupe en de très-petits filamens du ruban jaune & du ruban bleu: car, si on mêle exactement quatre parties de jaune avec une de bleu, le composé paroîtra jaune; & si on en méle quatre de bleu avec une de jaune, le composé paroîtra bleu; & le mêlange ne paroîtra verd, que lorsque ces couleurs seront en égales portions, ou que leurs proportions seront moindres que de 4 à 2. Le verd qui paroît dans l'espace KMR, ira toûjours augmentant de largeur, & enfin à une grande distance il restera seulement un peu de jaune orangé proche l'extrémité intérieure du rouge, & un peu de bleu proche l'extrémité intérieure du violet; mais il y aura un verd jaunâtre près du rayon MR continué, & un verd tirant sur le bleu près du rayon MK continué; les écarts rouges & violets qui sont mêlés entre R & C, étant très-foibles, n'empêchent pas le verd.

Il est aisé de satisfaire aux autres apparences de la 10e. figure: car il ne doit paroître, ni bleu, ni jaune, si on reçoit le rayon tout auprès du prisme, puisque les écarts bleus & jaunes ne sont pas encore fortifiés suffisamment par d'autres écarts de même couleur; & par cette raison il ne doit paroître dans le commencement des rayons rompus CF & DG, que de la blancheur.

Le diamétre selon l'ordre des couleurs doit être beaucoup plus petit que l'autre à une petite distance de six lignes, quand le rayon rompu est fort oblique; & il doit être beaucoup plus grand à une grande distance: car, par ce qui a été dit dans l'explication de la 16e. figure, les rayons extérieurs qui sortent paralleles par une ouverture de six lignes, sont très-près l'un de l'autre en leurs réfractions; & l'écart des rayons qui comprennent un angle de trente-deux minutes, qu'on suppose ici être la largeur du soleil, n'occupe pas une ligne à une distance de six lignes, quand même l'écart seroit dix fois plus grand dans les réfractions, que dans la lumière directe. Car, si la base qui soûtient un angle de 32′, n'est à 108 lignes de distance, que d'une ligne; elle ne

sera

sera que d'environ 10 lignes, si l'angle est dix fois plus grand; & à cinquante-quatre lignes de distance, elle ne sera que de cinq lignes; & à six lignes elle ne sera, suivant cette proportion, que d'environ deux tiers de ligne. D'où il est aisé de conclure, que le diamétre selon l'ordre des couleurs ne sera pas de deux lignes à la distance de six lignes; si l'ouverture est de six lignes; & que l'autre sera d'environ six lignes; c'est-à-dire, trois fois plus grand: mais à une distance de douze pieds, l'écart des rayons rompus qui n'est que de 10 lignes, à une distance de 108 lignes, sera de plus de 13 pouces; & l'autre diamétre qui croît à peu près selon la proportion des distances, ne sera à cette distance de douze pieds que d'environ seize lignes; & par conséquent le diamétre, selon l'ordre des couleurs, sera alors plus de neuf fois plus grand que l'autre, & y ajoûtant l'écart du rouge & du violet, tout ce diamétre sera plus de dix fois plus grand que l'autre; ce que vous pourrez observer par l'expérience.

Si vous voulez connoître d'où vient que l'endroit qui étoit bleu sur le papier à trois ou quatre pieds de distance, paroît rouge quand on intercepte une partie de la lumière à dix ou douze pouces, & que ce qui étoit jaune paroît bleu; & qu'à une distance de vingt ou vingt-cinq pieds, les couleurs ne changent point, si on intercepte de la même manière une partie de la lumière à douze pieds du prisme: il faut considérer que, l'écart violet de DG étant parallele à CN, il passera dans une grande distance au-delà de CF, si l'angle de cet écart est de plus de 32′, comme il le doit être par l'expérience du prisme équilatéral de la figure 16e, qui fait paroître le diamétre selon l'ordre des couleurs plus de trois fois plus grand qu'il ne devroit être selon les loix ordinaires de la réfraction; l'écart du rouge de CF, passera de même au-delà de DC. D'où il s'ensuit, que les rayons diversement colorés se sépareront & ne seront plus confondus, comme ils le sont dans l'espace CF, DG, à une petite distance: d'où il doit arriver, que si on pousse le corps opaque $\beta\ \gamma$ dans de petites distances, jusques à la rencontre de la ligne Q 2 au point γ, on verra du violet & du bleu vers l'extrémité de son ombre, au même endroit où l'on voïoit du jaune, parce que les rayons qui passeront entre Q & D, feront leurs écarts bleus & violets du côté de MR, dont quelques-uns raseront l'extrémité γ; & les autres passeront tout auprès, & s'étendront comme entre 2 & R, & ces écarts n'étant point détruits par les écarts rouges & jaunes des rayons paralleles à CR, qui passent entre C & E, parce qu'ils sont arrêtés par le corps opaque, il paroîtra du bleu & du violet en cet endroit.

Par les mêmes raisons, si on pousse le même corps opaque à la même distance du prisme depuis la ligne DP jusques à la rencontre de la ligne u 7, on verra du jaune & du rouge vers l'extrémité de l'ombre: mais si on pousse ce corps opaque à douze ou quinze pieds du prisme, ou plus loin, il recevra les écarts des rayons après s'être séparés les uns

 des

des autres; d'où il arrivera que, si on intercepte la lumière colorée depuis CN jusques à la moitié du verd, on ne verra que du verd à l'extrémité de l'ombre, quand on la recevra sur quelque surface au-delà du corps opaque.

On verra de semblables effets dans le rayon solide *aedb* de la 12e. figure: car, si on intercepte une partie de la lumière tirant de *ae* en *bd*, à cinq ou six pouces de distance du point *b*, on verra du rouge & du jaune jusques fort près du rayon *bd*, à quatre ou cinq pieds de distance; & si on l'intercepte de *bd* en *ae*, on verra du bleu & du violet jusques fort près de *ae*; mais dans les grandes distances les mêmes couleurs demeureront, quoiqu'on intercepte une partie de la lumière.

Ces expériences confirment entièrement l'hypothèse de l'écart de chaque petit rayon en rouge & en jaune d'un côté, & en bleu & en violet de l'autre; & c'est principalement sur ces expériences que je l'ai fondée.

On verra les mêmes apparences à peu près dans le prisme de la figure 16e; mais le point M qui termine la lumière entière, sera bien moins éloigné du prisme à cause des deux réfractions: on trouvera par le calcul, que, le rayon *z* E parallele à *rg* faisant la première réfraction en EO, & la seconde en OM, la ligne IM sera de trente-cinq pouces à peu près, si l'ouverture E*g* est de six lignes, & que l'angle d'incidence du rayon DEF*g* soit de 48d, 35′, 30″, ou ce qui est la même chose, si le rayon rompu *g*I est parallele au côté AC: aussi voit-on le verd commencer à paroître à cette distance de trente-cinq pouces.

Mais, si l'angle d'incidence du rayon *fxyd* est de 27d, 56′, le point M sera seulement à une ligne de distance entre *b*R & *mq*. C'est pourquoi on voit alors du verd à une distance moindre que de deux lignes; & quand même on laisseroit tout le prisme exposé au soleil en cette situation, on verroit paroître du verd à moins de quatre lignes de distance; ce qui fait voir que les secondes réfractions augmentent beaucoup les écarts, & qu'elles font toûjours paroître le verd à la distance du point M; au lieu que dans la figure 17e. il ne commence pas à paroître précisément au point M où se termine la lumière entière, mais plus loin, quand il n'y a qu'une réfraction, & que l'angle *c*CF n'est pas moindre que de quinze ou seize degrez: ce qui procède de ce que dans les médiocres réfractions les écarts qui font les couleurs, sont médiocres & ne passent pas assez les uns sur les autres pour se fortifier, & détruire à une médiocre distance la pureté de la lumière des parties intérieurs du rayon solide qui suivent les loix ordinaires de la réfraction; car même, si l'angle *bac* de la figure 17e. étoit seulement de cinq ou six degrez, il ne paroîtroit ni rouge ni verd ni violet, à quelque distance qu'on reçût la lumière rompue, parce que les écarts étant très-petits il n'y auroit qu'une très-petite partie de la lumière du rayon solide qui y seroit emploïée, laquelle par conséquent ne pourroit empêcher que très-peu la force du reste de la lumière

mière; mais si dans la figure 17e. le rayon CN faisoit un angle de cinq ou six minutes avec la ligne *c* C, alors le verd commenceroit à paroître fort près du point M.

La même chose arrive pour la foiblesse des couleurs, lorsque les secondes réfractions sont contraires aux premières, & qu'elles ne sont qu'un peu moindres, ou un peu plus grandes; parce que les secondes réfractions diminuent les écarts des premières; ce qui affoiblit les couleurs: mais quand les réfractions sont égales & contraires dans les prismes, on ne voit plus de couleurs, & les écarts se détruisent entièrement, de même que dans la lumière *q* R de la figure 12e, où l'on voit que la seconde courbure I O *q* est égale & contraire à la première E F I. Les troisièmes réfractions sont toûjours sans couleur dans un prisme équilatéral, parce que ces réfractions sont toûjours égales & contraires aux premières; ce qui se prouve en cette sorte.

A B C, dans la figure 18e, est un prisme équilatéral, sur lequel tombe le rayon solide D E F *g*, qui se rompt en partie en H I, d'où il se réfléchit en partie en M N, sur le côté B C, & se rompt aussi en Q L, où il est coloré, comme il a été dit ci-devant. Le rayon réfléchi H M I N se réfléchit en partie sur B C, & se rompt en partie en M *o* N *q*. Je dis que cette troisième réfraction I N *q* est égale & contraire à la première F *g* I: car les deux triangles A *g* I, I N C, sont semblables, à cause que l'angle A est égal à l'angle C, & que l'angle de réflexion C I N est égal à l'angle *g* I A; donc les incidences de I *g* sur A B, & de I N sur B C, seront égales, & par conséquent les réfractions *i g* F, *i* N *q*, seront égales.

On voit aussi que l'extrémité D E H, qui étoit dans la convexité, est dans la concavité en H M *o*; ce qui détruit les écarts & les couleurs, comme il a été dit ci-dessus. Mais la seconde réfraction en Q L, qui ne change point les situations, augmente les couleurs, de manière que le verd paroît à une distance beaucoup moindre que quand il n'y a qu'une réfraction.

Pour donner une analogie de ces diminutions, déstructions, & augmentations de couleurs par les secondes ou troisièmes réfractions, on peut considérer dans la figure 19e. la boule A poussée de A vers F en ligne droite sans tournoïer, laquelle, aiant rencontré la surface platte B C, se réfléchit vers G, & en se réfléchissant prend un mouvement autour de son axe, selon l'ordre des lettres *a b d e*, comme il arrive aux boules poussées par un mail, qui ne tournoïent point en s'élevant en l'air, & qui commencent à tournoïer, lorsqu'elles touchent la terre en tombant. Or si cette boule A rencontre une autre surface D E parallele à B C, cette surface lui donneroit un mouvement en rond dans un sens contraire au premier selon l'ordre *a e d b*, si elle n'en avoit point d'autre; mais en aiant déja un autre, le dernier peut détruire précisément le premier, & en ce cas la boule se réfléchira vers H sans plus tournoïer.

Or,

Or, ſi aller en droite ligne ſans tournoïer repréſente une lumière ſans couleurs, & que le mouvement en rond repréſente les modifications qui font paroître les couleurs; on pourra concevoir que la première réflexion ſur BC repréſente la première production des couleurs, & que la ſeconde ſur DE, de G en H, qui fait ceſſer préciſément le mouvement en rond, repréſente le retour de la lumière colorée en ſa première blancheur.

On pourra auſſi concevoir que, ſi la ſeconde ſurface DE n'eſt pas parallele à BC, mais qu'elle ſoit poſée comme IL, ou MN, ou OP; & que la boule rencontre tantôt l'une & tantôt l'autre de ces ſurfaces: la première IL détruira ſon premier mouvement en rond, & la fera encore tournoïer un peu en un ſens contraire; que la ſeconde MN ne détruira pas entièrement le premier mouvement en rond, mais qu'elle le diminuera ſeulement; & que la troiſième OP l'augmentera dans le même ſens: & on pourra rapporter le premier cas au changement des couleurs; le ſecond, à leur diminution ſans changer leur ordre; & le troiſième, à leur augmentation. Mais cette analogie & tous ces rapports aſſez juſtes ne prouvent pas la néceſſité de ces effets, & n'en découvrent pas les véritables cauſes. Il faudroit ſçavoir ce que c'eſt que la lumière, avant que de ſçavoir ce que c'eſt que la lumière colorée. Mais on eſt encore à réſoudre ſi la lumière eſt une tendance au mouvement, & comme un preſſement qui ſe fait ſur les organes de la vûë, ou ſi c'eſt une matière que le corps lumineux pouſſe hors de ſoi ſans diſcontinuation. Et quand on ſeroit convaincu de l'une ou de l'autre de ces hypothèſes, comment pourroit-on ſçavoir ſi les atomes qui compoſent la lumière, ſont de petits globes, ou de petites pyramides, ou des cones, ou des cylindres, &c? Comment pourroit-on connoître les différences des mouvemens, ou des tendances au mouvement des parties de la lumière qui ſont dans les convexitez & dans les concavitez des courbures; ſi elles roulent d'une manière le long de la ligne IL dans la dixième figure, & d'une autre le long de la ligne DO, ſoit en un même ſens, ſoit en un ſens oppoſé? Je tiens encore qu'il eſt impoſſible de déviner comment les parties intérieures des rayons ſolides rompus ILDO pouſſent en dehors les extérieures, pour faire les écarts colorés; & comment les parties extérieures du rayon OPQR, de la 12e. figure, rentrent en dedans par la ſeconde réfraction, en ſorte que la lumière reprend ſa première diſpoſition.

Mr. *Deſcartes*, qui a donné de l'admiration aux plus Sçavans par la ſubtilité de ſes raiſonnemens ſur l'arc-en-ciel, a entrepris de réſoudre ces difficultez, & de rendre raiſon des diverſitez de couleurs que les priſmes de verre font paroître.

Il ſuppoſe qu'il y a dans l'air, dans l'eau, & dans les autres corps tranſparens, des globes ou petites boules qui ſe touchent, & qui tranſmettent l'action du corps lumineux; & ſoûtient que celles qui tendent

à

à tournoïer plus vîte qu'elles ne tendent à s'avancer en ligne droite, font paroître le rouge & le jaune, & que celles qui tendent à tournoïer moins vîte, font paroître le bleu & le violet. Mais il me semble qu'il applique sans fondement ces mouvemens aux diverses parties de la lumière, & que par ses propres hypothèses on pourroit conclure que le rouge devroit paroître en DO, dans la 10e. figure, aussi-bien qu'en IL.

Car, soit considérée la figure 20e, qui est semblable à celle dans laquelle il représente des boules qu'il suppose tomber obliquement de l'air dans l'eau, & qu'on en fasse l'application à son prisme MNP: on verra que, puisque les petites boules de sa matière subtile passent plus facilement, selon son hypothèse, par le verre que par l'air, si l'on conçoit de l'air au-dessous de NDEP, il leur doit arriver la même chose qu'aux boules qui passent de l'air dans l'eau: sçavoir, que la petite boule de matière subtile 1234, qui, étant tombée perpendiculairement sur la surface représentée par la ligne NM, passe jusques à NP sans se détourner, rencontrant au-dessous de NP l'air qui lui résiste davantage que le verre MNP, doit tournoïer infailliblement selon l'ordre des chifres 1234; & que les petites boules Q & S augmenteront son tournoïement, de la même sorte qu'il l'explique; & que par ce moïen il y aura trois causes qui lui donneront un mouvement en rond, ou une tendance au mouvement en rond. Mais si l'on conçoit de semblables petites boules vers D, & que la ligne NP soit couverte d'un corps opaque, à la reserve de la partie DE, la petite boule S ne contribuera pas davantage à faire tournoïer en rond la petite partie de la lumière qui est vers D; ce qu'il prouve devoir arriver à celle qui est vers E. Joint à cela, que si la boule qui en passant du verre dans l'air a pris un mouvement en rond, ou une tendance au mouvement en rond selon l'ordre 1234, est réfléchie par un miroir plat selon la même ligne de direction du rayon rompu, elle doit tournoïer en un sens contraire quand elle sera rentrée dans le verre, & ce dernier mouvement doit détruire le premier: d'où l'on pourroit juger que le rayon FIHL de la 12e. figure, étant repoussé par un miroir plat en *m h*, & s'étant rompu réciproquement en *m g f h*, où il faut une base plus large, devroit être tout blanc; ce qui est contre l'expérience: car l'extrémité vers *g* sera violette & bleue, & l'autre *f* sera rouge & jaune, & ces couleurs seront beaucoup plus vives qu'au fond de l'eau en IL. Desquelles expériences & raisonnemens il suit, que Mr. *Descartes* n'a pas bien expliqué les couleurs que les prismes de verre font paroître.

On peut encore lui objecter, que si le tournoïement en rond produit les couleurs de la réfraction, il s'en feroit aussi dans la réflexion; car si MNP (Fig. 20.) est de l'air; & NP une surface de verre, la boule 1234 qui s'est mûe selon la direction AE rencontrant le verre qui la fait réfléchir, elle prendra infailliblement un mouvement en rond selon l'or-

 dre

dre 1234, & la boule R augmentera son tournoïement, & ainsi il se feroit du rouge par la réflexion; ce qui est contraire à l'expérience.

On peut aussi dire que ce n'est point la boule 1234 qui fait la couleur rouge à dix ou douze pieds du prisme MNP, parce qu'elle ne se meut point, & qu'il faudroit qu'elle donnât sa tendance au mouvement en rond à celle qu'elle touche, & cette seconde à une troisiéme &c. ce qui est impossible: car la boule 1234 touchant la boule S la fera piroüetter en un autre sens, & cette boule S s'appuïant sur trois ou quatre autres ne donnera pas à chacune d'elles une tendance à tournoïer de même, & ainsi il arriveroit que s'il paroissoit du rouge à une distance de dix pieds, il paroîtroit une autre couleur à une distance moindre ou plus grande.

Cet Auteur s'est encore trompé, quand il a cru que le blanc & le verd se pouvoient voir en même tems dans le milieu de la lumière rompue qu'on reçoit sur un linge blanc aprés avoir passé au travers d'un prisme, puisque le verd n'y paroît jamais que par le mêlange du jaune & du bleu, qui dans une grande distance se rencontrent au milieu du rayon solide, dans lequel milieu la pure lumière blanche paroît quand le papier n'est pas beaucoup éloigné du prisme, & que l'ouverture est assez grande.

Le sçavant Mr. *Newton* a fait une hypothêse nouvelle & fort surprenante pour expliquer tous ces effets.

Il suppose que les rayons du soleil ont d'eux-mêmes des couleurs différentes, de rouge, de jaune, de verd, de bleu, & de violet, qu'ils conservent toûjours; que ceux qui sont violets & bleus, souffrent une réfraction beaucoup plus grande que les rouges & les jaunes; que lorsqu'ils tombent tous en un même endroit, ils font paroître la couleur blanche; & que quand ils se séparent, chaque espéce manifeste sa couleur.

Il y a beaucoup d'expériences qui semblent favoriser cette hypothêse, & la plûpart s'expliquent facilement par son moïen.

En voici un exemple.

TAB. VIII. Fig. 21. Le rayon solide *abgh* a ses deux petits rayons *ab*, *df*, rouges, & les deux *ce*, *gh*, violets; les rayons *ab* & *df* se rompent sur la surface d'eau AB, comme en *bi* & *fl*; & les violets *ce* & *gh*, en *em* & *hn*, à cause que leur réfraction est plus grande; ce qui fait qu'il y a du violet vers *m*, & du rouge vers *l*. Il n'y a que de la blancheur entre *b* & *h*, au-dessus de l'eau, parce que les rayons rouges & violets y sont très-près l'un de l'autre, & comme mêlés & confondus.

Par la même raison il n'y a que de la blancheur entre *i* & *n*.

Que si on fait réfléchir cette lumière vers la surface AB, par un miroir plat, en sorte qu'elle fasse en repassant dans l'air une courbure plus grande que la premiére; alors les rayons *mm* & *nn* violets se rompront comme en *m* T. & *n s*; & les rouges *i i*, *l l*, se rompront comme en *ix*, *lu*, à cause que leur réfraction est beaucoup moindre que celle des violets;

violets; & ainſi il y aura une confuſion de couleurs proche des points, *m*, *n*, *i*, *l*: mais à une diſtance médiocre, chaque couleur ſe ſéparera des autres & ſe manifeſtera; le rouge paroîtra en *x u*, & le violet en T*s*.

Que ſi les angles des réflexions ſont égaux aux angles d'incidence, aux points *m*, *i*, *n*, *l*, dans la ligne CD ſuppoſée parallele à AB; les ſecondes courbures des rayons qui repaſſeront dans l'air, ſeront égales aux premières, ſçavoir *i* K*y* à *abi*, *m*EF à *cem*, *l*VZ à *dfl*, & *nq*P à *ghn*; & ainſi le rayon ſolide rompu EFVZ ſe fera parallele au rayon ſolide réfléchi *b*O*h*R, & les parties extérieures ſe raprocheront & ſeront moins divergentes, parce que les réfractions des rayons violets ſeront beaucoup plus grandes que celles des rayons rouges; & par ce moïen le rayon K*y* deviendra enfin extérieur au rayon EF après l'avoir coupé, comme *ab* l'étoit à *ce*; & *q*P violet deviendra extérieur à VZ rouge, après l'avoir coupé, comme *gh* l'étoit à *df*; ce qui remettra ces rayons diverſement colorés en leur première diſpoſition & mêlange, & par conſéquent cette lumière redeviendra blanche en EFVZ, comme elle l'étoit en *abgh*. TAB. VIII. Fig. 21.

Il y a encore beaucoup d'autres expériences qu'on peut faire convenir à cette hypothèſe; mais il y en a auſſi quelques-unes qui n'y peuvent convenir, comme eſt la ſuivante, qu'on pourra faire aiſément.

Recevez ſur un carton blanc à une diſtance d'environ vingt-cinq ou trente pieds un petit rayon ſolide qui aura paſſé par un priſme; vous verrez que les couleurs occuperont un eſpace de plus de dix pouces, dont le rouge en contiendra plus de deux, & le violet plus de trois: faites que l'extrémité du violet paſſe par une petite fente d'environ deux lignes de largeur taillée exprès dans un carton, & recevez cette lumière violette fort obliquement ſur un autre priſme au-delà du carton; alors vous verrez dans la lumière qui aura paſſé à travers ce ſecond priſme, du rouge & du jaune dans la convexité de la courbure.

Or dans cette diſtance de trente pieds, le violet ſe ſera ſéparé entièrement des rayons rouges qui en ſeront éloignés de plus de quatre pouces, comme il a été dit dans l'explication de la 17e. figure: & par conſéquent dans cette expérience, quelque partie de la lumière qui étoit violette, ſera devenue rouge & jaune par la rencontre du ſecond priſme.

Le même changement arriva ſi on fait paſſer l'extrémité du rouge dans la fente du carton; car on verra du bleu & violet au-delà du ſecond priſme.

Pour bien faire cette expérience il faut que la chambre ſoit fort obſcure, & qu'il ne paſſe par la fente du carton aucune lumière ſenſible, que celle qui eſt colorée; ce que vous connoîtrez, ſi détournant le ſecond priſme de la rencontre de la lumière rouge ou violette qui paſſe par la fente, on ne voit plus les lumières diverſement colorées.

Par cette expérience, il eſt évident qu'une même partie de lumière reçoit

reçoit des couleurs différentes par de différentes modifications & que l'ingénieuse hypothèse de Monsieur *Newton* ne doit point être reçûe.

Le Pere *Grimaldi* & le Pere *de Chales* ont cru que ces différentes couleurs procédent de la raréfaction ou condensation de la lumière ; c'est-à-dire, que la lumière peu dilatée fait le rouge & le jaune, & que celle qui l'est beaucoup, fait le bleu & le violet. Mais cette hypothèse ne peut subsister en cette rencontre, parce qu'à quelque distance qu'on reçoive la lumière rouge, elle demeure toûjours rouge, & cependant elle est beaucoup plus dilatée à une distance de deux cent pieds, que celle qui fait le violet, ne l'est à une distance de cinq ou six pieds.

Pour ne point m'embarasser dans de semblables difficultez, je n'ai pas voulu entreprendre d'établir ici quelque hypothèse douteuse & obscure, mais seulement de donner quelques régles générales, ou principes d'expérience, qui puissent s'accorder à toutes sortes d'observations.

J'ai choisi, pour ce dessein, les huit principes qui suivent, que j'ai cru pouvoir suffire à bien expliquer toutes les apparences de couleurs produites par les réfractions de la lumière.

PREMIER PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

Lorsqu'un rayon solide fait une réfraction, ou courbure, en passant d'un corps transparent dans un autre, les parties extérieures de la lumière qui sont du côté de la convexité de la courbure, prennent une couleur rouge, & celles qui sont du côté de la concavité, prennent une couleur violette ; les parties proches du rouge prennent une couleur jaune, & celles qui sont proche du violet, prennent une couleur bleue, telle petitesse que puisse avoir le rayon solide.

REMARQUE.

Dans ce premier Principe & dans les suivans, on suppose que les réfractions sont assez grandes, & que la lumière est reçûe à une distance suffisante pour faire paroître du rouge & du violet : car si les distances & les réfractions étoient trop petites, il faudroit entendre du rouge jaunâtre, au lieu du rouge ; & du bleu seul, au lieu de bleu & de violet ; ce qu'il faudra aussi observer dans la suite.

Il faudra aussi observer, qu'encore que dans ces Principes on ne parle que de la lumière du Soleil, on doit entendre qu'il se fera de semblables effets par les autres corps lumineux ou illuminés, à proportion de la force de leur lumière ;

re; & que, quand on dit en quelques endroits que la lumière rompue aura des couleurs, ou sera sans couleurs, on n'y comprend point la blancheur de la pure lumière.

DEUXIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

L'Extrémité de la lumière du côté de la convexité de la courbure, fait sa réfraction moindre que selon la proportion de 4 à 3 dans l'eau, & de 3 à 2 dans le verre; & l'extrémité qui est dans la concavité, la fait plus grande que selon les mêmes proportions; & ces écarts des extrémitez de la lumière rompue font plus ou moins grands, selon que les réfractions sont plus ou moins grandes.

TROISIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LEs parties d'un rayon solide rompu qui reçoivent des rayons de tout le soleil, étant reçûes sur une surface blanche, n'y font paroître aucunes couleurs sensibles.

QUATRIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

S'Il y a deux ou trois réfractions de suite, & que les mêmes parties du rayon solide demeurent dans la même situation, à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures; la lumière rompue conservera les mêmes couleurs dans le même ordre, mais elles seront plus vives & plus belles.

CINQUIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LEs écarts de la lumière rompue qui font le rouge & le jaune dans la convexité des courbures, & le bleu & le violet dans la concavité,

té, ne font paroître ces couleurs que dans les pénombres, jusques au point où se termine la lumière entière, & l'intérieur de la lumière demeure sans couleurs sensibles jusques à ce point, quelque largeur que puisse avoir le rayon solide.

SIXIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

Lorsque les réfractions sont fort grandes, soit qu'il n'y en ait qu'une seule, soit qu'il y en ait plusieurs de suite qui ne soient point contraires, il paroîtra du verd dans le milieu de la lumière du rayon solide par le mêlange des rayons bleus & jaunes, depuis le point où se termine la lumière entière. Que si les réfractions sont médiocres, le verd ne commencera à paroître qu'à de certaines distances au-delà de ce point: mais si les réfractions sont petites, le milieu de la lumière sera sans couleurs sensibles jusques à de certaines distances au-delà de ce point, & il ne paroîtra point de verd à quelque distance qu'on reçoive la lumière rompue.

SEPTIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

Lorsque les rayons solides souffrent une seconde réfraction; si elle est égale à la première, & que les parties extérieures changent de situation à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures, les couleurs se perdront entièrement, & la lumière aura la même blancheur, & s'étendra de même que si elle n'avoit point souffert de réfraction.

HUITIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

Si la seconde réfraction qui fait changer de situation aux parties extérieures du rayon solide, est moindre que la première, les mêmes couleurs demeureront dans les mêmes parties, mais elles auront peu d'éclat. Mais si la seconde réfraction est plus grande que la première, les couleurs se changeront; c'est-à-dire, que la partie qui étoit rouge & jau-

jaune deviendra violette & bleue ; & celle qui étoit violette & bleue, deviendra rouge & jaune : & plus cette seconde réfraction sera grande, plus les couleurs changées seront vives & distinctes.

Ces huit principes, que j'ai trouvé conformes à un très-grand nombre d'expériences, qui ont été faites avec un très-grand soin & une très-grande exactitude, sans en trouver aucune qui y fût contraire, pourront servir à expliquer toutes les couleurs que la lumière fait paroître par les réfractions, ainsi qu'on le verra dans les discours suivans, où l'on citera ces principes selon l'ordre qu'ils ont été ici énoncés.

On pourroit objecter que ces principes ne sont pas d'égale dignité à ceux-ci.

L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.

Les rayons tombant obliquement d'un corps transparent dans un autre de différente transparence se courbent.

Mais on peut répondre que la vérité de ces deux derniers principes n'est connue que par les observations qu'on en a faites, & que le seul avantage qu'ils ont, est qu'ils sont plus simples, & que les expériences en sont plus aisées à faire.

EXPLICATIONS

DES PRINCIPALES APPARENCES DE COULEURS CAUSÉES PAR LA RÉFRACTION.

PREMIÈRE APPARENCE.



I le Soleil étant beaucoup élevé, on reçoit dans un lieu obscur un rayon solide de deux ou trois lignes d'épaisseur dans un vaisseau, où il y ait de l'eau de cinq ou six lignes de hauteur sur un fond blanc, on verra autour de la base lumineuse du rayon, une ombre fort obscure, & tout le reste du fond du vaisseau sera fort éclairé.

EXPLICATION.

a b c d, dans la figure 22e, représente la section de l'eau du vaisseau ; *a d* est la surface supérieure de l'eau, & *b c* le fond du vaisseau, qu'on suppose très-blanc & peu éloigné de l'ouverture par où passe le rayon ; E F est le diamétre de la base de la lumière. TAB. VIII. Fig. 22.

Il est évident par ce qui a été dit en la troisième Supposition, que si les rayons E *q*, F *l*, font les angles E *q a*, F *l d*, plus grands que de quarante-

rante-deux degrez, une grande partie de la lumière des rayons E *q*, F *l*, passera dans l'air, & il s'en réfléchira peu en *q e* & *l* K; & que si les angles E *h a* & F *m d* sont moindres que de 41 degrez 20', toute la lumière des rayons E *h* & F *m* se réfléchira vers le fond du vaisseau comme en *h r* & en *m g*.

Par les mêmes raisons tous les autres rayons qui du rond lumineux, dont E F est le diamétre, s'étendront entre *l* & *q*, ne réfléchiront qu'une partie de leur lumière, & ceux qui s'étendront au-delà des points *m* & *h* sous un angle égal, ou moindre que E *h a*, se réfléchiront entièrement. D'où il doit arriver, que les espaces K *b* & *e c* seront beaucoup illuminés, & que K E & F *e* le seront fort peu; & par conséquent la partie qui est entre *e* & F, auprès de la ligne illuminée E F, recevant cette foible lumière, elle paroîtra obscure en comparaison du reste qui est entre *e* & *c*. La même chose arrivera de l'autre part, & ainsi la ligne *e* K sera le diamétre de ce rond obscur, & le reste du fond du vaisseau sera fort éclairé, comme il est représenté dans la petite figure *yy*.

Il ne paroît point de jaune ni de bleu sensible en E F, parce que les rayons rompus sont reçûs à une trop petite distance de *a d*, & que l'incidence étant peu oblique par l'hypothèse, la réfraction est trop petite.

Si la hauteur de l'eau est plus grande que de cinq ou six lignes, le rond obscur sera plus grand; & si cette hauteur est au-dessous de cinq lignes, il sera moindre; ce qui est aisé à prouver.

SECONDE APPARENCE.

LEs prismes équilatéraux de verre ne peuvent faire paroître en même tems que quatre lumières colorées, étant exposés au Soleil, & les prismes scalènes en peuvent faire paroître plus de huit.

EXPLICATION.

TAB. VII. Fig. 18. LE triangle équilatéral A B C dans la figure dix-huitième, représente un prisme équilatéral; D E F *g* est un rayon solide qui se rompt en H I, & ensuite en Q L; il y aura des couleurs fort vives en Q L par le quatrième Principe.

Une partie de la lumière se réfléchira de H I en M N, & se rompra en *o q*, où il n'y aura point de couleur, par le septième Principe, parce que les courbures D E H, H M *o*, sont égales, & que les parties extrêmes du rayon solide sont en de différentes situations. Le même rayon se réfléchira de M N en R S, & se rompra en T *n*, où il y aura des couleurs, parce que la partie M R T reprend la même convexité qu'elle avoit en D E H. Les couleurs en T *n* seront fort foibles, à cause que la lumière se dissipe par la première réflexion sur A B, par la deuxième réfraction en H Q, par la troisième en M *o*, & par la dernière réflexion

du

du rayon MR en Ry, & par conséquent on aura beaucoup de peine à discerner cette dernière lumière colorée en T*n*, celle qui se réfléchira sur le côté AC, en *u y*, & qui repassera dans l'air en *x z*, n'auroit point de couleurs quand elle seroit visible, parce que la partie S*u*, qui vient de F*g*, se remet dans la convexité en cette cinquième réfraction; mais la sixième, qui se fera au-delà de BC, après s'être réfléchie de *u y* sur BC, & qui pourroit être colorée, sera entièrement invisible par sa foiblesse. Les mêmes choses arriveront à un rayon parallele à DEF*g*, qui tombera sur BC, comme K*b r d*; car, par les mêmes raisons, il ne fera paroître que deux lumières colorées.

Soit maintenant considéré le prisme scalène de la figure 13e. Il a été prouvé que les deux rayons solides *a d* font paroître des couleurs en PN & en *g h* par une seconde réfraction. On trouvera par le calcul, que le rayon GO retournera par réflexion sur BC, & passera dans l'air, où il fera des couleurs dans la troisième réfraction; mais dans la quatrième réflexion de BC sur AB, ce même rayon se réfléchira de BA sur AC, & sa lumière repassera en partie au-delà de AC, par une quatrième réfraction, où il fera des couleurs visibles aussi-bien que dans la quatrième réfraction du rayon D*g* de la figure 18e: donc ce seul rayon fera paroître sa lumière colorée en même tems, en trois endroits. Celui qui fait paroître sa seconde réfraction en *g h*, se réfléchira sur AC, & repassera dans l'air dans la troisième réfraction, où il fera des couleurs; le reste de sa lumière se réfléchissant sur AC retournera en AB, qu'elle traversera, & fera encore des couleurs visibles, parce qu'elle ne sera pas plus affoiblie que la lumière T*n* dans la figure 18e; donc ce rayon fera paroître des couleurs en trois endroits.

Un autre rayon parallele à *a b c d* tombant sur AC, entre H & C, fera sa seconde réfraction à travers BC, qui sera fort colorée par le quatrième Principe, & de même que l'est la réfraction HL dans la figure 18e.

La partie de ce rayon qui se réfléchira sur AB, s'y réfléchira entièrement, d'où elle reviendra sur AC, & passera à travers faisant des couleurs en sa troisième réfraction, & il s'en fera encore dans la quatrième; mais un autre rayon qui tombera sur AC, entre A & D, proche de A, se rompra sur AB, d'où il se réfléchira entièrement sur BC, & le traversera faisant des couleurs assez vives. Par les mêmes raisons il fera encore des couleurs en sa troisième & quatrième réfraction; ce qui fera en tout douze lumières colorées en même tems: mais il faut bien de l'exactitude pour les pouvoir toutes remarquer; j'en ai seulement remarqué quelquefois sept ou huit en même tems, qui suivoient à l'égard de l'ordre des couleurs, & de leur vivacité ou foiblesse, les régles qui ont été établies.

TROISIÈME APPARENCE.

Lorsqu'on regarde une étincelle de feu, ou une étoile fort claire, à travers un prisme équilatéral de verre, situé de manière que les rayons viennent à l'œil après deux réfractions, elle paroît comme une ovale fort longue, colorée de rouge, de verd, & de violet; mais s'il se fait une réflexion entre les deux réfractions, elle paroîtra dans sa couleur & figure ordinaire.

EXPLICATION.

TAB. VIII. Fig. 23. Le triangle A B C, dans la figure 23[e], représente le prisme de la figure 16[e]; D est l'étincelle ou l'étoile; F G, la prunelle de l'œil; Q *e* L est une partie de la choroïde; D I, D M, D K, sont trois rayons du point lumineux D, qui tombent obliquement sur B C, & qui passeroient après deux réfractions en N *c*, O *e*, P *f*, selon les loix ordinaires de la réfraction si l'œil étoit ôté; cette lumière sera colorée par le quatrième Principe; la ligne N *a* représente l'écart qui fait l'extrémité du violet; & P *d*, l'écart qui fait l'extrémité du rouge; O *e* est dans l'axe de la vûë, & selon les loix ordinaires de la Dioptrique, les rayons N *c*, O *e*, P *f*, se réüniront au point *e*; donc le centre de l'étoile sera vû comme au point *y*, dans la ligne visuelle *e x* O *y*, par la quatrième Supposition: mais *x* étant le centre de la vûë, & le rayon N *a* se rompant plus haut que le point *e* comme en *r* (il ne peut se rompre en *e*, à cause de sa trop grande divergence avec l'axe,) on verra l'extrémité du violet comme au point V dans la ligne visuelle *r x* V, selon la même quatrième Supposition.

Par les mêmes raisons, le rayon P *d* se rompant comme en *z* sur la choroïde, on verra l'extrémité du rouge comme en T, dans la ligne visuelle *z x* T; & les écarts qui font le jaune & le bleu, passeront l'un sur l'autre dans un espace de la choroïde entre *r* & *z*, où l'on a marqué des points noirs pour terminer cet espace; & par conséquent les lignes visuelles qui de ces points noirs passeront, l'une en *x* G, & l'autre en *x* H, termineront les extrémitez intérieures du rouge & du violet; il paroîtra un peu de jaune au-dessous de G, & du bleu au-dessus de H, par ce qui a été dit dans l'explication de la figure 17[e]. Ainsi T G paroîtra entièrement rouge, G H aura du verd dans son milieu, H V sera entièrement violet, & toute l'étincelle paroîtra fort longue: elle paroîtra aussi médiocrement large, par les mêmes raisons que les objets très-clairs paroissent plus grands qu'ils ne sont, étant vûs la nuit; la principale de ces raisons est, que les parties de la choroïde, contigues à celles où se réüinissent les rayons, en sont ébranlées, à peu près de même que s'il y tomboit quelques rayons, & ainsi l'apparence des objets est amplifiée.

Le

Le violet sera en toutes ces apparences beaucoup plus étroit à son extrémité que le rouge, parce qu'étant plus foible ses parties extrêmes ne sont pas visibles.

Que si l'objet est grand comme RS, & qu'il occupe cinq ou six degrez dans le fond de l'œil, alors l'espace de la choroïde, où tomberont les rayons du point R étant beaucoup éloigné de celui où tomberont ceux du point S, les rayons bleus & jaunes de cet objet, lequel paroîtra comme en EF, ne se mêlant point ensemble sur la choroïde, on verra du rouge en l'espace E 2, du jaune entre 2 & 3, du bleu entre 4 & 5, du violet entre 5 & F; tout le reste entre 3 & 4 paroîtra blanc si l'objet est blanc, par le troisième & par le cinquième Principe.

Si on tourne le prisme en sorte que le premier rayon rompu du rayon qui vient du milieu de l'objet RS, soit parallele au côté AB, on verra cet objet environ trois fois plus grand que s'il étoit vû sans le prisme, à cause des écarts qui font le rouge & le violet; & si on regarde la lune de même, elle paroîtra environ trois fois plus grande selon l'ordre des couleurs, que dans l'autre sens. Le verd qui paroîtra au milieu, sera presque de la même grandeur que la lune vûe sans le prisme; dont on connoîtra la cause par la figure 17e, qui est que l'écart du jaune du rayon CMK, & l'écart du bleu du rayon DMR, font le verd en l'espace RMK, & l'angle RMK n'est que d'environ 32′, 10″ dans les prismes équilatéraux, quand le rayon du centre de la lune fait son premier rayon rompu parallele à la base du triangle. Les couleurs qui paroissent aux extrémitez d'un grand objet sont beaucoup plus vives que celles qui paroissent aux extrémitez d'un petit objet, particulièrement le violet; car les écarts violets des parties proches du point F fortifieront ceux de l'extrémité S, comme il a été montré en la 17e. figure. Que si cet objet RS, ou l'étincelle, sont élevés plus haut, en sorte que leurs rayons tombent obliquement sur le côté AB, & se rompent sur BC, on verra les mêmes apparences, si ce n'est que le violet paroîtra en haut, & le rouge en bas; mais alors il faudra diriger l'axe de la vûë, de manière qu'il passe par la ligne AB, & au lieu que quand les rayons passent par AC, l'objet paroît beaucoup plus bas qu'il n'est, il paroîtra beaucoup plus élevé quand les rayons passeront par AB; ce qui se prouvera par les mêmes raisons.

Le même prisme, dans la figure 24e, étant situé de même, si l'étoile est au-dessus de AB, de manière que le rayon solide *d b* qui en procéde, tombe dessus perpendiculairement, & passe sans se rompre jusques sur AC en *e f*; il se réfléchira entièrement en *e h f g* sur CB, par la troisième Supposition, parce que l'angle *b e* A ne sera que de trente degrez; & il repassera dans l'air en *g* I *h* L sans se rompre, & l'œil recevant ce rayon en IL, l'étoile paroîtra sans couleurs, car ce rayon *g* I *h* L sera sans couleurs, par le septième Principe. TAB. IX. Fig. 24.

Mais, parce qu'il ne se fait point d'écart dans les rayons *g* I, *h* L, à

à cause qu'ils ne souffrent point de réfraction; ils se réüniront en un point sur la choroïde, & l'étoile sera vûe petite, comme si le prisme étoit ôté; mais elle sera vûe dans une ligne visuelle, parallele à *g* I, qui passera entre *g* & *h*.

On verra encore la même étoile sans couleurs & fort petite, si ce rayon *d b* tombe obliquement sur A B, comme on le voit en la figure: car il se rompra comme en *b* K *b m*, & se réfléchira comme en *n o*, & se rompra enfin en *n p o q*, où l'on suppose que l'œil le reçoit, & il n'aura point de couleurs ni d'écarts, par le septième Principe; & par conséquent on verra l'étoile petite & toute blanche selon la direction du rayon *p n q o*. Si on expose aussi toute la surface A B directement au soleil, on ne verra point de couleurs au-delà du prisme: car C T étant perpendiculaire à A B, elle divisera cette ligne également en T; & toute la lumière qui passera entre A & T, fera de même que le rayon solide *d b* parallele à T *c*, c'est-à-dire, qu'elle se réfléchira entièrement de la surface A C sur B C, & passera au-delà de B C, où elle sera sans couleurs. La lumière qui tombera entre T & B, se réfléchira de même de B C sur A C, & passera au-delà de A C sans se rompre, & sera aussi sans couleurs; & on verra deux lumières blanches de-çà & de-là de l'ombre que fera le prisme, si on le reçoit sur quelque surface blanche; & si on regarde alors le soleil à travers la surface C B & qu'on en puisse souffrir l'éclat, on le verra tout rond & blanc par le 7e. Principe.

Les mêmes apparences se feront si l'objet est grand comme R S en la 23e. figure; car on le verra sans couleurs, & dans sa véritable figure: mais il paroîtra en une situation renversée, par la même raison qu'un miroir plat situé horisontalement fait paroître renversés les objets qui lui sont perpendiculaires; car la surface représentée par A C, sert de miroir en cette rencontre.

TAB. IX. Fig. 25. Le même effet arriveroit, si les bases du prisme étoient quarrées, comme A B C D. Car un rayon solide fort oblique, comme *e f e* K, tombant sur A B & se rompant en *g m*, feroit l'angle A *f g* de quarante-huit degrez à peu près, & par conséquent l'angle A *g f* feroit de quarante-deux degrez. Donc par la troisième Supposition, la lumière se réfléchiroit entiérement en *h n* sur C D, & se romproit une seconde fois en *i o* faisant la courbure *i h g* égale à la courbure *e f g*, à cause de la similitude des triangles *f g* A, *g h* C; & l'œil étant en *i o* verroit l'objet renversé, & sans couleurs, parce que les parties extrêmes auroient changé de situation. Mais si ce prisme étoit d'eau, ou de glace, il passeroit une partie de la lumière du rayon *f g* K *m* par réfraction en *g l*, par la troisième Supposition, à cause que l'angle *f g* A feroit d'environ quarante-huit degrez; & l'on verroit alors des couleurs en *p l*, comme on en voit par les rayons qui ont souffert deux réfractions sans réflexion dans un prisme de verre dont les bases sont triangulaires.

QUATRIÈME APPARENCE.

Lorsque les rayons d'un objet lumineux ou illuminé, aiant passé par un prisme équilatéral, rasent la dernière surface & sont reçûs dans l'œil; on voit l'objet beaucoup plus grand qu'il ne paroît sans le prisme: mais si la première incidence de ces rayons est fort oblique, & la sortie peu oblique; il paroîtra beaucoup plus petit.

a b; dans la figure 16e, est un objet médiocrement éloigné, & soutendant au centre de l'œil, un angle de deux degrez. Le rayon *f x* vient du point *b*, & fait l'angle A *x f* de 62^d, 4'; on trouvera par le calcul que son second rayon rompu *b* R fera l'angle C *b* R de 40': *y d* est un autre rayon venant du point *b*; on le suppose à peu près parallele à *f x*: *u d* est un rayon du point *a*, faisant l'angle *u d y* de deux degrez: L *d n* est perpendiculaire à A B: l'angle *u d* L sera de 29^d, 56'; son sinus est 49899: 33266, qui est les deux tiers de ce nombre, est le sinus de l'angle diminué *n d p* de 19^d. 26'. Donc B *d p* sera de 70^d, 34', & B *p d* de 49^d, 26'. Et en continuant le calcul on trouvera que le second rayon rompu *p* 3 fera l'angle C *p* 3 de 12^d, 42', & que C *b* R étant de 40', l'écart des rayons *p* 3 & *b* R sera de 12^d, 2'. Donc l'œil recevant ces deux rayons *p* 3 & *b* R, il verra l'objet *a b* comme s'il étoit de 12^d, 2'; & y ajoûtant les écarts du rouge & du violet, cet objet paroîtra plus de six fois plus grand que s'il étoit vû sans le prisme. Mais, si réciproquement un autre objet est compris entre les lignes *p* 3 & *b* R continuées, & que l'œil situé en *u y*, reçoive ses rayons à travers le prisme; il paroîtra sous l'angle *u d y* de deux degrez; & ajoûtant un degré pour les écarts du rouge & du violet, cet objet paroîtra alors plus de quatre fois moindre que s'il étoit vû sans le prisme. On trouvera de semblables effets à peu près dans un prisme scalène comme celui de la figure 10e, & on le prouvera par un semblable calcul, soit que les rayons viennent à l'œil après deux réfractions ou seulement après une. TAB. VII Fig. 16.

CINQUIÈME APPARENCE.

S'Il y a quelque fond blanc A B, *dans lequel il y ait un rectangle noir, a b d c, d'environ un pouce de largeur, & que vous le regardiez à neuf ou dix pieds de distance à travers un prisme équilatéral, vous verrez l'espace, a b c d, d'un rouge de pourpre.* TAB. IX Fig. 26.

EXPLICATION.

L'Espace blanc du papier qui est au-dessus de la ligne *a d*, doit produire dans l'œil du bleu, qui paroîtra s'avancer jusques à *e* T, & du violet, qui paroîtra s'étendre jusques à *b c*, par le premier & par

le 2e. Principe, & par la 4e. Suppoſition: mais l'eſpace blanc qui eſt au-deſſous de *bc*, doit faire paroître du rouge depuis *bc* juſques à *ad*, & du jaune depuis *bc* juſques à *gh*, par les mêmes principes. D'où il s'enſuit, que le violet du blanc ſupérieur, & le rouge du blanc inférieur, tomberont ſur le fond de l'œil aux mêmes endroits où tombe l'image de l'objet noir *abcd*; & ſe confondant enſemble ils feront paroître par leur mêlange un rouge de pourpre, lequel à cauſe de ſon éclat empêche que le noir ne faſſe aucune impreſſion ſur la vûë.

On connoîtra facilement cette vérité, ſi on regarde le même objet à trois ou quatre pieds de diſtance: car alors le violet ſupérieur ne s'étendra que juſques au tiers de l'eſpace noir à peu près, & le rouge de même; & par ce moïen on verra du noir dans le milieu, du rouge & du jaune au-deſſous du noir, & du violet & du bleu au-deſſus.

On s'aſſûrera encore de ce mêlange du rouge & du violet, en regardant à dix pieds de diſtance le même objet, après avoir mis du noir dans les eſpaces *pbmn* & *ILKd*, comme la figure le montre: car l'eſpace *abpr* ſera d'un vrai rouge & fort diſſemblable à celui qui paroît en *abcd*, & l'eſpace *dKco* paroîtra violet; d'où l'on connoîtra évidemment, que la couleur qui paroît en *abcd*, ſe fait par le mêlange d'un rouge ſemblable à celui qui paroît en *abpr*, & d'un violet ſemblable à celui qui paroît en *dKoc*.

On voit un ſemblable effet, lorſqu'étant dans une chambre on regarde à travers un priſme un chaſſis de verre ou de papier fort éclairé, dans une diſtance de dix ou douze pieds: car le haut du premier quarré du chaſſis paroîtra d'un vrai rouge; mais le haut de tous les autres quarrez au-deſſous paroîtra d'un rouge de pourpre, à cauſe que le violet du bas du quarré ſupérieur ſe mêle avec le rouge, produit par le quarré qui eſt au-deſſous, & ces deux couleurs s'avancent ſur la petite largeur de bois qui eſt entre deux, qui ne fait point paroître ſes couleurs, parce qu'elles ſont trop obſcures. Par ces apparences on peut réſoudre le Problême de Phyſique ſuivant, qui eſt aſſez ſurprenant.

PROBLÈME DE PHYSIQUE.

Trouver un objet tel qu'étant regardé à travers un priſme de verre, on puiſſe voir du rouge vers le haut & du bleu vers le bas, ou du bleu vers le haut & du rouge vers le bas, ou toutes les deux extrémitez rouges, ou toutes deux bleues, ou toutes deux ſans couleurs; ſans changer la ſituation de l'œil, ni du priſme, ni de l'objet, ni ſans rien mettre entre deux.

TAB. IX. Fig. 27. Pour réſoudre ce Problême, il faut choiſir un objet comme *gh*, long de ſept à huit pouces, de telle largeur qu'on voudra, comme de deux pouces, & qui ſoit d'une couleur peu vive, comme eſt celle du bois, ou du papier gris. Car ſi on met un fond noir ABCD, par derrière; le haut *gm* paroîtra rouge, & le bas *hf* paroîtra bleu, comme il a été expli-

expliqué dans la troisième Apparence. Si tout le fond ABCD est blanc, l'extrémité *g* paroîtra bleue & violette, & l'autre extrémité *h* paroîtra rouge & jaune, non pas par leur propre lumière, mais par celle du fond, qui sera plus forte, & avancera son rouge depuis *h* jusques en *f*, par le second Principe. Il paroîtra du bleu en l'espace *gm*, & du violet en l'espace *gn*.

Que si la moitié du fond est blanche, sçavoir AEFB, & l'autre moitié EDCF noire; il paroîtra du bleu en *gm* & en *hf*: mais si au contraire la moitié EB est noire, & l'autre blanche; les deux extrémitez *g* & *h* paroîtront rouges par les raisons ci-devant. Enfin, si tout le fond est d'une couleur qui n'ait pas plus d'éclat que celle de l'objet *gh*, alors ses extrémitez paroîtront dans leur couleur naturelle, parce que le rouge du fond détruira le bleu de l'objet, & le rouge de l'objet détruira le bleu du fond; & il arrivera la même chose, que quand on regarde à travers un prisme le milieu d'un grand espace tout d'une même couleur, lequel paroît toûjours avec sa propre couleur.

SIXIÈME APPARENCE.

SI on met un oculaire convexe AB *dans une ouverture de même largeur, faite dans un ais, ou dans quelque autre corps opaque, & qu'on y reçoive la lumière du Soleil directement; la lumière, après avoir traversé le verre, sera rouge & jaune vers ses extrémitez entre le verre & son foyer; les extrémitez de la même lumière seront bleues au-delà du foyer; mais l'intérieur de la lumière sera blanc de même que toute celle qui est au foyer.*

EXPLICATION.

AB, dans la figure 28[e], est une lentille également convexe des deux côtez; *e* est le centre de la convexité A*d*B; C*de*F est l'axe de la lentille, par où passe un rayon du centre du soleil; E*d* est un rayon d'une extrémité du disque du soleil, & *fd* un rayon de l'autre extrémité opposée; *g*I, *l*B, sont deux rayons paralleles à E*d*; *m*I, *n*B, sont deux autres rayons paralleles à *fd*; les rayons *m*I, *n*B, se rompront en leur foyer *o*, où ils s'entrecouperont, & passeront en G & *h*, & les rayons *g*I, *l*B, se rompront en leur foyer *p*, & passeront en *q* & R. TAB. IX. Fig. 28.

Or, si tout l'espace AI de la lentille étoit couvert, il se feroit un même effet dans l'ouverture BI, que dans celle d'un prisme; sçavoir, que les rayons *l*B, *g*I, feroient du rouge & du jaune, parce qu'ils seroient dans la convexité de la courbure; & *n*B, *m*I, feroient du bleu & du violet, parce qu'ils seroient dans la concavité: la même chose arriveroit vers le point A, s'il y avoit un petit endroit découvert. D'où il s'ensuit, que si on découvre tout le verre AB, cela ne changera rien

aux

aux rayons extrêmes B p & A o, & le rouge & le jaune y paroîtront; mais le rayon B o ne pourra manifester son bleu entre B & o, parce qu'il y tombe beaucoup d'autres rayons de diverses parties du soleil qui le coupent, & par le Principe troisième il n'y paroîtra point de couleurs; mais au-delà du foyer o, ce rayon B o passant en G, se sépare de tous les autres, & leur devient extérieur, & par ce moïen il manifeste son écart bleu & violet en G, au lieu que le rayon B p rentre au dedans de la lumière & vient en R, où il rencontre beaucoup de rayons des autres parties du soleil, qui détruisent sa couleur rouge, & font paroître cet endroit blanc par le même troisième Principe.

Par les mêmes raisons, le bleu paroîtra en p N, & le rayon A o M, qui manifestoit son rouge jusques près du foyer o, le perdra depuis ce foyer jusques à M.

Que si on met entre le foyer & le verre un corps opaque comme y V, où il y ait une petite ouverture T, par laquelle une partie de la lumière passe en $r b$, l'extrémité de cette lumière vers r paroîtra rouge, & l'autre extrémité vers b paroîtra bleue, par les mêmes raisons que lorsqu'on ne laisse qu'une petite ouverture en I B. Mais si on met au-delà du foyer op le même corps opaque percé du même trou, en sorte que la lumière qui y passera, tombe au même endroit br; le contraire arrivera: car l'extrémité vers b sera rouge, & l'extrémité vers r sera bleue; ce qui se prouve en cette sorte. Aïez un corps opaque $u x$, rencontrant les rayons $p q$, $o h$, au point x où ils se coupent; il est clair par les choses qui ont été dites dans l'explication de la figure 17e, que l'écart rouge du rayon $p x q$ se séparera de tout le reste de la lumière, & son action n'étant point empêchée par d'autres rayons, son rouge se manifestera dans l'extrémité de la lumière vers b & q; mais l'écart bleu du rayon $o x h$ recevra d'autres rayons en h, qui effaceront son bleu, & la lumière y paroîtra blanche: le contraire arrivera, si on ôte ce corps opaque $x u$, & qu'on en mette un autre comme $s x$; car le rayon $x h$ se séparera du reste de la lumière, & fera paroître son écart bleu au-delà de h vers r. Donc, si on met un corps opaque $s x u$ percé d'une petite ouverture en x, son extrémité du côté du point s laissera passer un rayon comme $x h$, qui fera paroître du bleu en h & vers r; & l'autre extrémité de l'ouverture du côté du point u, laissera passer le rayon $x q$, & quelques autres fort proches, qui feront paroître du rouge & du jaune vers q & vers h.

SEPTIÈME APPARENCE.

Lorsque le Soleil éclaire fort obliquement de l'eau claire & calme, si on met un corps opaque vers le milieu, soit qu'il touche l'eau, ou qu'il en soit un peu éloigné; on verra du bleu dans la pénombre plus éloignée du Soleil, & du rouge dans la plus proche.

EX-

EXPLICATION.

AB eſt la ſurface ſupérieure de l'eau, & CD le fond, qu'on ſuppoſe être d'une matière blanche; EF eſt le corps opaque; GH l'ombre de ce corps; GI, LH, les pénombres; *me*, ME, NF, *nf*, ſont les rayons du ſoleil qui paſſent vers les extrémitez du corps opaque EF, & qui ſe rompent en *p*G, & HO: il paroîtra du rouge en la pénombre GI, & du bleu en la pénombre LH. Car, ſi on couvre avec des corps opaques les eſpaces A*e*&*f*B, en ſorte qu'il ne paſſe aucune lumière, qu'entre F*f*&*e* E; il eſt évident par ce qui a été dit dans l'explication des figures neuf & dix, & par le premier Principe, qu'il y aura du rouge jaunâtre en K*o* & en G *i* dans les convexitez des courbures, & qu'il y aura du bleu en LH& en *q p* dans les concavitez. Mais ſi on ôte les deux corps opaques *f*B & A*e*, & qu'il ne reſte que le corps EF, il n'arrivera aucun changement aux lumières qui ſont en LH & GI, parce qu'il n'y viendra aucuns rayons de la lumière qui paſſera par A*e* & par *f* B; & par cette raiſon elles conſerveront leurs couleurs: mais les écarts rouges qui étoient vers *o*K, & les bleus qui étoient vers *pq*, recevront pluſieurs rayons qui y viendront de toutes les parties du ſoleil; & par conſéquent le rouge & le jaune diſparoîtront en *o*K, & le bleu en *p q*, & la lumière y ſera toute blanche, par le troiſième Principe; d'où il s'enſuit qu'on verra ſeulement du bleu dans la pénombre LH, & du jaune vers la pénombre G*i*. TAB. IX. Fig. 29.

HUITIÈME APPARENCE.

Lorſqu'on regarde fort obliquement un objet blanc, comme EF, *au fond d'un vaiſſeau plein d'eau, l'objet étant fort illuminé, & le vaiſſeau de couleur brune, on verra ſon extrémité vers* F *bleue, & celle vers* E *rouge.* TAB. X. Fig. 30.

EXPLICATION.

ACDB repréſente le vaiſſeau; OP eſt la ſurface de l'eau; EF l'objet; les rayons E*g*, E*b*, qui tombent ſur cette ſurface OP, ſe rompent comme en *gn*, *b*I; & les rayons F*g*, F*b*, ſe rompent en *gm*, *b*L: d'où il ſuit que le rayon *gn*, qui vient du point E, ſera dans la convexité de la courbure; & que *b* L, qui vient du point F, ſera dans la concavité: il ſuit auſſi que l'œil étant en LI*mn* recevra ſur la choroïde l'écart de *gn*, qui ſera rouge, plus haut que le point *n*; donc par le premier Principe, & par ce qui a été dit dans l'explication de la troiſième Apparence, il verra du rouge vers E. TAB. X. Fig. 30.

Par de ſemblables raiſons il verra du bleu vers F par l'écart du rayon *b* L; & par conſéquent l'extrémité F paroîtra bleue, & l'autre extrémité E paroîtra rouge.

On connoîtra encore cette vérité, si l'on considére l'objet EF comme un corps lumineux: car sa lumière rompue en L*n* seroit colorée de bleu vers L, & de rouge vers *n*, par le premier Principe; mais par la quatrième Supposition, les rayons qui viennent du point E & du point F, font une décussation dans l'œil, & par conséquent l'œil étant en L*n* verra le point E rouge & le point F bleu.

On verra une semblable apparence, si l'objet EF est couvert d'un verre à boire, aiant la figure d'un cone, comme *y*Q*z*, plein d'air & couvert d'eau: car un rayon comme F *q* passant de l'air qui est sous le verre, dans l'eau qui est à l'entour, se rompra comme en *qs*, & se rompra une seconde fois comme en *sm*, par la troisième Supposition: un autre rayon du même point F, comme F*r*, se rompra comme en *ro*, ensuite comme en *o*L: il y aura aussi un rayon comme E *d* qui se rompra en *du*, & viendra comme en *n*, en sa deuxième réfraction; & un autre du même point E, qui après deux réfractions viendra comme en I; ce qui fera une apparence de couleurs vers les extrémitez de l'objet EF, comme si le verre n'y étoit pas; les couleurs seront foibles dans l'une & l'autre expérience, si l'objet n'est pas très-blanc & beaucoup illuminé: mais il y aura deux autres apparences fort surprenantes; la première, que l'œil étant placé en L*n*, il verra l'objet EF au haut du verre, comme entre R & Q, selon la direction des rayons *ms*, *nu*.

La seconde, que l'œil étant placé plus près du point B, comme en K, il ne verra point l'objet EF; ce qui procéde de ce qu'il ne recevra aucun de ses rayons: car il ne recevra point les rayons rompus *sm*, *un*, *o*L, puisqu'il sera élevé au-dessus d'eux. Il ne recevra pas aussi ceux qui tomberont vers le point R, comme FR: car la première réfraction de FR, étant comme en R*b*, & la seconde comme en *b* 3, ce rayon *b* 3 passera encore au-dessous du point K, & par conséquent l'œil ainsi placé ne verra point cet objet; ce qui n'arrivera pas si on fait sortir l'air de dessous le verre en le couchant dans l'eau & le remettant en sa première position: car le verre étant alors plein d'eau, il ne fera point de réfractions ni en *r* ni en *d*, & celle qui se fera dans la petite épaisseur de la matière du verre, n'empêchera point considérablement la rectitude des rayons dans l'eau, à cause que les surfaces de cette épaisseur sont paralleles. Donc l'œil étant en K verra EF par des rayons rompus comme *a* K, *e* 4, dont le premier viendra du rayon F *ra*, qui se rompra en *a*K, & l'autre du rayon E*de*, qui se rompra en *e* 4; & en ce cas l'objet paroîtra à l'œil qui sera placé en K 4, comme si le verre n'y étoit pas. On pourra par ce moïen donner de l'étonnement à ceux qui auront les yeux placés comme en K 4, en leur faisant paroître ou disparoître, quand on voudra, une piéce d'argent qui sera en EF, en la couvrant avec un verre, où il y ait successivement de l'air & de l'eau.

NEU-

NEUVIÈME APPARENCE.

Les verres taillés à facettes, les plumes des ailes des oiseaux, les cheveux, les poils des paupières, font paroître diverses couleurs dans les objets lumineux, ou fortement illuminés, & les font voir en plusieurs endroits.

EXPLICATION.

AE est un verre taillé à facettes, représentées par les lignes A*b*, *bc*, *c*E, E*d*, *de*, *e*A; la ligne *af* représente l'objet, qu'on suppose être blanc; les surfaces A*b*, *c*E, recevant des rayons de cet objet, les mêmes effets se feront sur l'œil étant au point *x*, que s'ils avoient traversé un prisme de verre, puisque la partie A*be* est faite comme un prisme, aussi-bien que *c*E*d*: donc, par les mêmes raisons qui ont servi à expliquer les couleurs de l'objet RS dans la troisième Apparence, l'objet *af* paroîtra en *hg* avec les écarts *go* & *hn*; le point *a* paroîtra vers *go* avec du violet & du bleu; & le point *f*, vers *hn* avec du rouge & du jaune. TAB. X. Fig. 31.

Par de semblables raisons, on verra le même objet *af*, en *i*K, aiant du rouge & du jaune en l'écart *im*, où paroît l'extrémité *a*, & du violet & du bleu en l'écart K*p*, où paroît l'extrémité *f*; & si l'objet *af* étoit fort petit, on verroit du verd dans le milieu de *gh* & de *i*K, par le sixième Principe.

Les rayons qui tomberont sur les surfaces paralleles *bc*, *ed*, feront voir l'objet *af* à peu près dans le même lieu où il est, & dans sa même grandeur, & il paroîtra sans couleurs, par le septième Principe: donc cet objet sera vû en trois endroits.

Il est aisé de juger qu'il paroîtroit en plusieurs autres endroits, s'il y avoit davantage de facettes, & que la plûpart de ces apparences seroient de diverses couleurs, plus ou moins vives, selon que les réfractions seroient plus ou moins grandes. Et parce que le milieu de chaque petite plume transversale d'une plume de l'aile d'un oiseau a quelque partie taillée en prisme, & qu'elle est un peu transparente, particulièrement dans les ailes des allouëttes & de la plûpart des autres petits oiseaux; celles à travers lesquelles on regardera des objets lumineux, feront paroître ces objets avec des couleurs différentes, semblables à celles que les prismes font paroître.

Les poils sont composés intérieurement de plusieurs fibres, & il s'y fait plusieurs réfractions différentes, de même que dans les verres taillés à facettes: & par cette raison, si vous regardez la flamme d'une chandelle, & que vous teniez un cheveu perpendiculairement au-devant de la prunelle de l'œil; il vous paroîtra un rayon à droite & un à gauche, chacun composé de plusieurs petites apparences de flammes de chandelle

diversement colorées, celles à gauche aiant leurs couleurs en un ordre contraire à l'ordre de celles qui paroissent à droite. D'où il est évident, que si on ferme les yeux à demi en regardant une chandelle allumée, on doit voir plusieurs de ces rayons à travers les poils des paupières. Il est vrai qu'il paroît souvent deux grands rayons sans couleur, l'un en haut, & l'autre en bas, quand on regarde une chandelle allumée en fermant un peu les yeux: mais ces rayons-là procèdent des réflexions qui se font sur les bords intérieurs des paupières, lesquels étant fort polis réfléchissent cette lumière, & la font passer dans les yeux. On le pourra croire facilement, si on approche une surface polie fort près de l'œil, la tenant de manière que la lumière de la chandelle puisse se réfléchir dans l'œil; car on verra par ce moïen l'un ou l'autre de ces grands rayons sans couleurs.

Les couleurs qui paroissent dans les diamans taillés à facettes, procédent de la réflexion de quelques rayons de lumière, qui aiant pénétré le diamant, soit directement, soit en se rompant, se réfléchissent sur ses dernières surfaces, & en ressortant à l'air font quelques autres réfractions qui leur donnent des couleurs différentes, comme s'ils avoient passé par un prisme.

On pourra expliquer par de semblables raisons les apparences de couleurs produites par toutes sortes de matières transparentes, quand on les voit de près, & qu'on peut connoître leurs figures. Mais, quand les matières transparentes qui font paroître des couleurs, sont éloignées, & qu'on ne peut connoître leurs figures que par conjecture; ou bien si leurs figures étant connues, leurs différentes parties font faire des réfractions différentes aux rayons paralleles qui tombent dessus; il est très-difficile de ne s'y point embarasser.

On pourra connoître ces difficultez dans les discours suivans.

DIXIÈME APPARENCE.

L'ARC-EN-CIEL.

CEtte apparence est plus difficile à expliquer que les autres, puisqu'on peut ignorer qu'elle se fasse dans les goutes de la pluie, ou qu'on peut croire qu'elle procéde de la seule réflexion des rayons du soleil sur la partie convexe de ces goutes; & dans ces deux cas il est évident qu'on ne peut rien dire qui ait la moindre apparence de vérité. On en verra un exemple, si on lit avec un peu d'attention les raisonnemens d'Aristote dans le quatrième chapitre de son troisième livre des *Météores*.

Ceux qui sont persuadés par beaucoup d'observations, que l'Arc-en-ciel se fait par réfraction dans les goutes de la pluie, ne laissent pas d'y trouver beaucoup de difficultez, dont les principales sont; que quelques-

ques-uns des rayons qui viennent d'un même point du soleil, se coupent en leur première réfraction au dedans de la goute; qu'il y en a qui ne se coupent qu'en leurs réflexions, & qu'il y en a encore qui ne se coupent, ni dans leurs réfractions, ni dans leurs réflexions; que plusieurs des rayons qui sont paralleles ou sensiblement paralleles avant que d'entrer dans la goute, reprennent en sortant après deux réfractions & une réflexion, le même parallelisme & la même distance entre eux, & demeurent en la même situation à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures; & enfin qu'il y en a plusieurs autres qui changent cette situation, & deviennent fort divergens entre eux.

Or, toutes ces différences doivent faire des effets différens; & si elles ne sont pas connues, il est manifeste qu'il est impossible qu'on ne se trompe pas dans l'explication des apparences qu'elles produisent.

Jean Fleischer, de Breslau en Silésie, dans un livre qu'il a fait imprimer en 1571, explique les couleurs de l'Arc-en-ciel par la réfraction, & par la réflexion des rayons du soleil sur les goutes de la pluie: il suppose qu'il se fait deux réfractions de suite dans une même goute, & une réflexion sur la surface convexe d'une autre goute en cette sorte.

B est le soleil; *c d* est une goute de pluie; le rayon solide B*c* se rompt en *c d*, & de *c d* en *d e* sur la goute E, d'où il se réfléchit sur les yeux en A. Mais cet Auteur n'a pas pris garde, qu'après deux réfractions de suite en une même goute, les rayons s'entrecoupent au dehors, & deviennent trop divergens au-delà de leur interfection, & qu'ils le deviennent encore plus lorsqu'ils tombent sur la convexité d'une seconde goute, & par conséquent ils ne peuvent s'étendre avec assez de force jusques à l'œil. TAB. X. Fig. 32.

On ne peut aussi expliquer par cette hypothèse, sous quel angle l'Arc-en-ciel doit paroître, ni l'ordre des couleurs; d'où il s'ensuit qu'elle est insuffisante.

REMARQUE.

La réfraction, d e, est appellée, dans cette figure 32ᵉ, la seconde réfraction: mais dans d'autres figures où elle n'est point considérée, on appelle la seconde réfraction celle qui est la troisième; & même celle qui est la quatrième, s'appelle la seconde, quand la deuxième & la troisième ne sont point considérées. Ainsi, dans la figure 34ᵉ, on appellera I *d la seconde réfraction, parce qu'on ne considére pas la seconde* T *u.*

Il faut aussi remarquer que la lumière du rayon n O *s'affoiblit par la première réflexion en* O *z, par la seconde réfraction en* T *u, par la troisième en* I *d, & ainsi de suite.* TAB. X. Fig. 34.

Antoine de Dominis, Auteur Italien, dans un livre imprimé en 1611, explique assez bien l'Arc-en-ciel intérieur par deux réfractions, & une réflexion dans une même goute, en quoi il a prévenu M. *Descartes*.

 Mais

Mais il s'est trompé en ce qu'il a cru que les rayons qui tombent sur les extrémitez des goutes, produisoient l'Arc-en-ciel extérieur par deux réfractions & une seule réflexion: car on trouve par le calcul que ces rayons dans leur seconde réfraction doivent faire un angle beaucoup moindre avec le rayon du soleil qui passe par l'œil, que celui sous lequel on voit l'Arc-en-ciel intérieur; & cependant l'Arc-en-ciel extérieur fait cet angle beaucoup plus grand que l'Arc-en-ciel intérieur; joint à cela que les rayons qui tombent fort obliquement sur une goute d'eau, ne font point de couleurs sensibles dans cette seconde réfraction, comme on le fera voir dans la suite de ce discours.

Enfin M. *Descartes* a expliqué l'Arc-en-ciel intérieur par deux réfractions & une réflexion, & l'extérieur par deux réfractions & deux réflexions sur une même goute d'eau, avec tant d'exactitude & de vraisemblance, qu'il y a eu peu de Sçavans qui n'en soient demeuré satisfaits.

Il y a pourtant dans ses raisonnemens trois difficultez considérables.

1°. Il a cru que le verd de l'Arc-en-ciel étoit une couleur principale, au lieu qu'il se fait par le mêlange des rayons bleus & jaunes.

2°. Il n'a pas remarqué que les rayons extrêmes qui font le rouge, font leur réfraction beaucoup moindre que selon la proportion de 4 à 3, & que ceux qui font le violet, la font beaucoup plus grande.

3°. Il a cru que quand les secondes réfractions étoient en un même sens que les premières, & ne se redressoient point, la lumière conservoit la diversité des couleurs; ce qui est souvent faux, comme il a été expliqué dans la figure 18e, où le rayon M*o*N*q* est sans couleurs, quoique les courbures DEH, HM*o*, soient en un même sens; & dans la figure 24e, où l'on voit que le rayon *dbdb* tombant sur le côté AB d'un prisme, se rompt en *b*K*bm*, se réfléchit en K*nmo*, & se rompt encore en *npoq*, sans faire paroître de couleurs en cette seconde réfraction, quoique le rayon soit toûjours courbé en un même sens. Il paroît aussi des lumières sans couleurs à ceux qui regardent une phiole pleine d'eau exposée au soleil, comme l'enseigne cet Auteur, lorsqu'après avoir vû successivement du rouge, du jaune, du verd, du bleu & du violet, on avance encore un peu l'œil; car alors on voit un petit rond de lumière vers l'extrémité de la phiole, où les couleurs ont paru, & un autre plus grand vers le milieu de la phiole, l'un & l'autre sans couleurs sensibles, quoique les rayons qui font paroître ces lumières, viennent à l'œil après deux réfractions, & une réflexion en un même sens, aussi-bien que ceux qui font paroître les couleurs.

Il est donc nécessaire pour bien éclaircir ces choses de faire voir d'où vient qu'il paroît des couleurs sous un angle d'environ quarante-deux degrez, & qu'il n'en paroît point sous ceux qui sont au-dessous de quarante degrez & au-dessus de quarante-quatre dans l'Arc-en-ciel intérieur: ce que M. D*escartes* n'aiant pas fait, & s'étant contenté de dire qu'il venoit

venoit plus de lumière à l'œil ſous les angles de quarante-un & de quarante-deux degrez, que ſous les autres angles, ſans prouver que cette lumière doit être colorée; il s'enſuit qu'il n'a pas ſuffiſamment démontré l'Arc-en-ciel.

Voici ma manière de l'expliquer.

EXPLICATION DE L'ARC-EN-CIEL.

LE cercle ABCD repréſente la ſection d'une goute d'eau: AB, BC, ſont des quarts de cercle: EA *e* C repréſente un rayon du milieu du diſque du ſoleil, paſſant par le centre *e*; on ſuppoſe que tous les rayons qui viennent de ce point, ſont paralleles entre eux, à cauſe du grand éloignement du ſoleil, ſelon la première Suppoſition; tels ſont les rayons *gh*, *lm*, *n*O, P*q*, ZS. TAB X. Fig. 33.

Pour ſçavoir où ces rayons ſe doivent rompre ſur l'arc BC, on en fait le calcul ſelon les loix de la réfraction expliquées dans la troiſième Suppoſition en cette manière:

L'Arc AO eſt ſuppoſé de $59^d, 30'$; *n*O*y* eſt parallele à EAC; *e*OR eſt une ligne droite; l'angle A*e*R eſt de $59^d, 30'$, & il eſt égal à l'angle d'incidence *n*OR; donc *e*O*y* eſt auſſi de 59 degrez 30'. Le ſinus de cet angle eſt 86162, dont les trois quarts font $64621\frac{1}{2}$, ſinus de l'angle diminué $40^d, 15', 30''$; la différence de 59 degrez 30' & de 40 degrez, 15', 30'', eſt 19 degrez, 14', 30'', pour l'angle de réfraction *y*OT compris du rayon rompu OT, & de la ligne O*y*; & parce que les arcs OB, B*y*, ſont chacun de 30 degrez 30', & que l'arc *y*T eſt de 38 degrez 29', puiſqu'il ſoûtient à la circonférence l'angle *y*OT de 19 degrez 14', 30'', tout l'arc BT ſera de 68 degrez 59', & il ne reſtera pour l'arc TC que 21^d, & une minute, (il y a un peu moins d'une minute, mais on prend ici groſſièrement les ſinus, ſans conſidérer les petites fractions.)

On trouvera par un ſemblable calcul tous les points de la circonférence BC, où ſe rompront les rayons paralleles à EAC, qui tomberont ſur la circonférence AB. Ainſi on trouvera que tous les rayons qui tombent entre A & O, ſe rompent d'ordre, c'eſt-à-dire, que le plus proche qu'on prendra du point A, ſe rompra le plus près du point C, comme *gh* ſe rompt au point L, qui eſt plus près du point C, que le point *x*, où ſe rompt le rayon *lm*; & ainſi de ſuite juſques au rayon *n*O, qu'on ſuppoſe être le dernier qui ſe rompra ſelon cet ordre au point T, ſoit que l'arc AO ſoit préciſément de $59^d, 30'$, ou qu'il ſoit plus grand ou moindre de quelques minutes ou de quelques ſecondes.

Les autres rayons juſques au rayon ZS, qui eſt ſuppoſé tomber très-près du point B, & qu'on peut calculer comme s'il tomboit à 90 degrez du point A, ſe rompent en un ordre contraire; car le rayon P*q* ſe rompra comme en *x*, & le rayon ZS, comme au point L, qui eſt à $7^d, 12'$

du

du point C ; & si l'arc A *h* est de 14 degrez 37′, le rayon rompu de *g h* tombera à fort peu près sur le même point L : les rayons rompus de P *q* & de *lm* pourront tomber au même point *x*, &c.

TAB. X. Fig. 34. Le rayon *n* O dans la figure trente-quatrième étant le même que dans la figure trente-troisième ; le rayon rompu O T se réfléchira en T I, par la seconde Supposition, si T I est égale à T O, & ce rayon se rompra en I *d*; le rayon rompu I *d* fera avec I *f* parallele à E A C un angle double de l'angle T *e* C, c'est-à-dire, que si cet angle T *e* C est de 21 degrez 1′, l'angle *f* I *d* sera de 42^{d}, 2′; ce qui se prouve ainsi.

DÉMONSTRATION.

SOit tirée T *e* R; & T *g* étant prise égale à T C, ou R A, si on tire *g e* L *x*, l'arc I R sera égal à l'arc R O, à cause que T I, T O, sont égales ; l'arc I L sera aussi égal à l'arc A O; mais le rayon T O se devant rompre réciproquement en O *n* parallele à E A, aussi T I se rompra en I *d* parallele à *g e* L *x*, car tout est égal de part & d'autre ; donc si I *f* est parallele à E A C, l'angle *f* I *d* sera égal à l'angle E *e x*, ou *g e* C, & par conséquent il sera double de l'angle T *e* C.

La même démonstration servira pour tous les rayons paralleles à E A C, qui tomberont sur l'arc A B. On pourra donc trouver facilement par le calcul l'arc T C, qui convient à chaque rayon, & ensuite l'arc I D, quand le rayon réfléchi n'arrive pas jusques à D.

On trouvera aussi tous les angles *f* I *d*, qui sont ceux que font les seconds rayons rompus, avec des lignes paralleles à E A C: cet angle est *f* D *d*, si le rayon réfléchi tombe sur D, & que *f* D soit parallele à E A C; mais si le rayon réfléchi passe au-delà du point D, comme le rayon *t* *η*, qui vient de P *q*, rompu en *q t* & réfléchi en *t u*, cet angle sera *f* *η* *d*.

On trouvera aussi aisément par le calcul les arcs D *η*, & les angles *f* *η* *d*. Or la connoissance de ces arcs T C, & I D, ou D *η*, & de ces angles *f* I *d*, ou *f* *η* *d*, est entièrement nécessaire pour expliquer l'Arc-en-ciel intérieur : car le rayon I *d* est un de ceux qui font le rouge de cet Arc-en-ciel, comme il sera montré ensuite ; & les arcs T C, & I D ou D *η*, font connoître les rayons qui se coupent dans la goute, & ceux qui ne s'y coupent pas ; & les angles *f* I *d* ou *f* *η* *d* font connoître les rayons qui après la seconde réfraction s'écartent, ou se coupent ou sont paralleles entr'eux. Les angles *f* I *d* servent aussi pour déterminer l'angle de l'Arc-en-ciel intérieur : car, par exemple, si le rayon *n* O, se rompant en sa seconde réfraction en I *d*, est celui qui fait voir l'extrémité du rouge de l'Arc-en-ciel ; la ligne *d* K, parallele à *f* I & à E A C, représentera le rayon qui du centre du soleil passe par l'œil ; & l'angle I *d* K, égal à l'angle *f* I *d*, fera connoître quelle doit être la hau-

hauteur de cette extrémité du rouge, si on sçait la hauteur du soleil sur l'horison.

Voici comme j'ai fait le calcul pour trouver ces arcs TC, & ID ou D*n*, & les angles *f* I *d* ou *f n d*, pour tous les rayons paralleles à EAC, qui tombent sur AB.

Je prens pour exemple le rayon qui tombe sur le soixantième degré comptant depuis A vers B, & je suppose que ce rayon est *n* O *y*: je trouve par les tables des sinus, en faisant un calcul semblable au calcul ci-devant, que l'angle de réfraction *y* O T, qui convient à ce rayon, est de 19^d, 30'. Par le moïen de cet angle je trouve le reste, comme on le voit en la table suivante.

PREMIÈRE TABLE.

Angle	*y*OT	19d.	30'.
	T*y*	39.	
	B*y*	30.	
	BT	69.	
Arcs	TC	21.	
	OT	99.	
	TI	99.	
	C*i*	78.	
	ID	12.	
Angle	*f*I*d*	42.	

Cet angle *f* I *d* est toûjours double de l'angle T *e* C, comme il a été démontré. On fera de même pour trouver ces angles & ces arcs dans tous les autres rayons.

Voici une table qui les fera connoître depuis celui qui tombe sur le 90e. degré moins une seconde, ou une tierce, jusques à celui qui tombe sur le quarante-quatrième degré comptant depuis A vers B.

SECONDE TABLE.

Degr.		Arcs TC,	& ID,			Ang. fId.	
90d.		7d.	12'	14d	24'	14d	24'
86		10	52	17	44	21	44
82		13	56	19	52	27	52
80		15	14	20	28	30	38
78		16	22	20	44	32	44
76		17	24	20	48	34	48
75		17	50	20	40	35	40
74		18	16	20	32	36	32
73		18		20	20	37	20
72		19		20		38	40
71		19	20	19	40	38	40
70		19	38	19	16	39	16
69		19	54	18	48	39	48
68		20	8	18	16	40	16
67		20	20	17	40	40	40
66		20	30	17		41	
65		20	38	16	16	41	16
64		20	46	15	32	41	32
63	30'	20	50	15	10	41	40
63		20	52	14	44	41	44
62	30	20	54	14	18	41	48
62		20	56	13	52	41	52
61	30	20	57	13	26	41	54
61		20	58	12	56	41	56
60	30	21		12	30	42	
60		21		12		42	
59	45	21	1	11	47	42	2
59	30	21	1	11	32	42	2
59	15	21	1	11	17	42	2
59		21	30	11	2	42	1
58	30	21		10	30	42	
58		21		10		42	
57	30	20	58	9	26	41	56
57		20	56	8	56	41	52
56		20	54	7	48	41	48
55		20	48	6	36	41	36
54		20	42	5	24	41	24
53		20	36	4	12	41	12
52		20	28	2	56	40	56
51		20	18	1	36	40	36
50		20	8		16	40	16

	Arcs D y				Ang. $f y d$.	
49d.	19d.	58′	1d.	4′	39d.	56′
48	19	46	2	28	39	32
47	19	32	3	56	39	4
46	19	18	5	24	38	36
45	19	4	6	52	38	8
44	18	48	8	24	37	36

Ces choſes étant ſuppoſées, il faut conſidérer qu'il y a deux conditions néceſſaires pour faire qu'on voïe des couleurs par les réfractions des rayons du ſoleil ſur les goutes de la pluie.

La première, que les rayons qui tombent paralleles ſur la goute d'eau, en reſſortent paralleles, ou à peu près, afin que la lumière ne ſe diſſipe point par une trop grande divergence, & qu'elle puiſſe toucher les yeux aſſez fortement dans une diſtance conſidérable.

La ſeconde, que les parties extrêmes de la lumière demeurent dans la même ſituation à l'égard de la convexité, & de la concavité des courbures en entrant & en ſortant de la goute, comme il a été expliqué dans la douzième figure; car autrement la lumière perdroit ſes couleurs par le ſeptième Principe.

Or ces deux conditions ne ſe rencontrent bien que dans les rayons qui tombent depuis environ le 70e. degré juſques au 48d, 30′, (ces degrez ſe comptent de A vers B, & il faut l'entendre de même dans la ſuite.)

On prouve que les autres rayons ne ſont pas propres pour faire des couleurs, par les raiſons ſuivantes:

ABCD, dans la figure 35e, repréſente une goute de pluie; A s eſt un arc de 90d, moins 1″; le rayon R s ſe rompt en t, ſelon la ſeconde table, à ſept degrez 12′ du point C; le rayon pq tombe ſur le 76e. degré, & ſe rompt en x à 17d, 24′ du point C; st ſe réfléchit en I à 14d, 24′ du point D, & qx en y à 20d, 48′ du même point D: donc ces deux rayons ſe coupent dans la première réfraction, & dans la réflexion, xy ſe rompt en $y d$, & fait l'angle $f y d$ (qui eſt $f I d$ ſelon la ſeconde table) de 34d, 48′; le rayon t I ſe rompant en I δ fait l'angle f I δ, (qui eſt $f I d$ dans la ſeconde table) de 14d, 24′: donc ces rayons rompus font un angle de divergence de plus de vingt degrez, & R st qui étoit dans la convexité de la première courbure du rayon ſolide R spq, eſt dans la concavité de la ſeconde I δ. Les courbures des angles en entrant & en ſortant de la goute ſont auſſi égales; car l'angle R st eſt égal à l'angle t I δ; & pqx eſt égal à xyd. Donc par le ſeptième Principe la lumière de ces rayons ſera ſans couleurs; & à cauſe de ſa trop grande divergence, elle ne ſera pas viſible à une diſtance conſidérable. TAB. XI. Fig. 35.

On connoîtra cette vérité par expérience ; si l'œil est à un pied ou deux de distance d'une phiole ronde de verre pleine d'eau représentée par la même 35e. figure, pour recevoir le rayon I δ & quelques autres qui en sont fort proches : car il verra un petit rond de lumière sans couleurs vers la surface de la phiole auprès du point I, & lorsqu'on recevra de même le rayon *y d*, on verra un semblable rond de lumière sans couleurs vers le point *y*; d'où il s'ensuit que ces rayons ne peuvent contribuer à l'Arc-en-ciel.

Les rayons qui tombent depuis le 45e. degré jusques auprès du point A, n'y peuvent aussi contribuer, parce que leurs réfractions sont trop petites pour faire des couleurs sensibles, & que leurs rayons rompus I *d* sont trop divergens entre eux, pour conserver la force de leur lumière à une grande distance.

On connoîtra par l'expérience de la petite phiole pleine d'eau, qu'ils doivent être sans couleurs, si dans la figure 36e. l'œil étant au point δ reçoit le rayon η δ, qu'on suppose venir du rayon qui tombe sur le 40e. degré ; car ce rayon rompu η δ, joint à quelques autres fort proches, fera paroître un petit rond de lumière sans couleurs dans la phiole, selon la direction δ η.

Mais si on suppose que le point K est à 59d, 30′ du point A, & le point O à 59d; K T, rayon rompu de *m* K, fera T C de 21d, 1′, par la seconde table : O T, rayon rompu de *n* O, fera aussi cet arc de 21d, 1′. Donc ils tomberont au même point qui est marqué T, en la 35e. figure.

Le rayon K T, se réfléchissant en *u*, fera T *u* égal à T K, & T *z*, rayon réfléchi de O T, sera égal à O T, & le petit arc *u z* sera égal à O K, à cause de l'égalité des angles d'incidence & de réflexion : & d'autant que T K, T O, se doivent rompre réciproquement en K *m*, *o n*, qui sont paralleles, les rayons rompus de T *u*, & de T *z*, sçavoir *u d*, *z d*; seront aussi paralleles, & à même distance l'un de l'autre que *m* K, *n o*; ils seront aussi dans la même situation à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures, comme on le voit en la figure ; car la partie extrême *m* K est toûjours dans la convexité.

La même chose arrivera aux rayons qui tomberont sur le 58d, 30′, & sur le 57d : car se rompant d'ordre ils ne se couperont point, ni dans leur réfraction, ni dans la réflexion ; & parce que leurs angles *f* I *d* diminuent toûjours un peu, comme on le voit dans la seconde table, ils ne se couperont point aussi en leur seconde réfraction, & ils conserveront tous de suite la même situation, à l'égard des extrémitez des courbures. Donc par le quatrième Principe, leur lumière sera colorée, & ils seront sensiblement paralleles, comme on le voit par la même table : car la divergence du deuxième rayon rompu de 57d, 30′ n'aura que quatre minutes de divergence avec celui de 58d, 30′; & par conséquent ces rayons seront visibles à une grande distance, à cause de leur peu d'écart.

On

On voit donc par cette table, que depuis le 90ᵉ. degré jusques au 76ᵉ. inclus, les rayons rompus & les réfléchis se doivent couper dans le cercle; puisque leurs arcs T C & I D sont les plus grands dans les moindres angles d'incidence.

On voit aussi que le rayon qui tombe sur le 59ᵈ, 30′, est celui qui dans sa seconde réfraction fait à peu-près le plus grand angle avec un rayon du soleil, parallele à celui qui passe par le centre de la goute: & si on le suppose ainsi, il est évident qu'il se dégage du reste de la lumière, & qu'il doit manifester sa couleur rouge, puisqu'il est dans la convexité des deux courbures à l'égard des rayons qui tombent sur des points moins éloignés du point A, & qu'à une distance médiocre il doit être rencontré le premier par l'œil qui étant au-dessous des points *y*, I, *u*, s'avancera vers la lumière colorée.

Quelques autres rayons qui suivent immédiatement celui du 59ᵈ, 30′, comme celui du 59ᵉ, font aussi paroître du rouge, & quelques autres ensuite feront paroître les autres couleurs.

Or, quoique le rayon I*d* du 59ᵈ, 30′, fasse selon le calcul un angle de 42ᵈ, 2′, avec un rayon parallele à E A C, & par conséquent avec celui qui du centre du soleil passe par le centre de l'œil; & qu'y ajoûtant 16 minutes pour la moitié du diamétre du soleil, & 20 ou 25 minutes pour l'écart du rouge visible, il devroit faire l'angle de l'Arc-en-ciel intérieur, à l'égard de l'extrémité du rouge visible, d'environ 42ᵈ, 40′: on l'observe pourtant ordinairement d'une moindre grandeur.

Mr. de la *Hire*, célébre Mathématicien, m'a dit avoir observé, que le soleil étant à quatre ou cinq degrez d'élévation, tout le diamétre de l'Arc-en-ciel, depuis le rouge bien apparent de part & d'autre qui touchoit l'horison, étoit de 82ᵈ, & par conséquent le demi diamétre n'étoit que de quarante-un degrez. Or si on y ajoûte 7′ pour le reste du rouge qu'il ne pouvoit pas bien discerner, & 7′ pour la différence entre la moitié de la soutendance horisontale, & le demi diamétre qui pouvoit être alors environ quatre degrez sous l'horison; l'angle total pouvoit être de 41ᵈ, 14′. Mr. *Descartes* lui donne quarante-deux degrez.

Mr. *Richer* l'a trouvé en l'isle de *Cayenne* d'environ 42 degrez.

Toutes ces diversitez m'ont fait penser qu'il y a quelques causes qui empêchent que cet angle ne suive les régles du calcul. Voici les expériences que j'ai faites avec le même Mr. de la *Hire*, pour les découvrir.

Nous suspendîmes au haut d'un bâton une petite phiole pleine d'eau, d'environ un pouce de diamétre, très-ronde, & d'un verre très-fin & délié; & l'un de nous, se tenant à une distance de deux ou trois pieds de la phiole, recevoit dans l'œil le rayon rompu du soleil, qui faisoit l'extrémité du rouge; & l'autre marquoit sur le pavé le point où répondoit le rayon visuel dans lequel se voïoit cette extrémité du rouge en droite ligne, & au même moment on marquoit le centre de l'ombre de la

la petite phiole; & après avoir mesuré en l'air les côtez qui comprenoient cet angle, depuis la phiole jusques aux marques, & ensuite la distance de ces marques sur le pavé, nous trouvâmes par le calcul de la première observation, que l'angle de l'Arc-en-ciel étoit d'environ 42^d, 40'.

Nous fîmes une seconde observation environ une heure après, & nous trouvâmes cet angle de plus de 43^d; & à la troisième observation, qui fut environ trois quarts d'heure après, nous le trouvâmes de plus de 43^d, 30': sur quoi faisant réflexion, & sur ce qu'il ne l'avoit trouvé au ciel que d'environ 41^d, 14'; je jugeai que ces différences devoient procéder de la plus grande ou moindre densité de l'eau, & de la plus grande ou moindre raréfaction de l'air. Et parce que l'air qui est élevé à environ cinq cent pieds, est moins condensé que celui qui est près de la terre, d'environ $\frac{1}{60}$, suivant ce qui est dit dans l'essai de Physique de la *Nature de l'Air*; & que les goutes de pluie qui font le plus haut rouge de l'Arc-en-ciel, peuvent être à cette hauteur de 500 pieds, & même à une plus grande; il s'ensuit que, si la proportion de l'eau à l'air proche de la terre est comme de 4 à 3, à cette hauteur elle sera environ comme 4 à 3 moins $\frac{1}{60}$.

On trouvera par le calcul que le plus grand angle qui dans la réfraction de 4 à 3 est de 42^d, 2', ne sera que de 41 degrez à peu près dans l'autre proportion de 4 à 3 moins $\frac{1}{60}$; & si on y ajoûte l'écart visible du rouge, & 16' pour le demi diamétre du soleil, tout l'angle ne sera que d'environ 41^d, 35': mais, parce que bien souvent la pluie se fait de la neige fondue, & que les goutes de la pluie sont alors très-froides à cette hauteur de 500 pieds; cela doit faire la proportion de la réfraction plus grande, & réduire cet angle à 41^d, 12' ou 15'.

Pour éclaircir cette conjecture, je fis encore avec Mr. de la *Hire* les expériences suivantes, avec la même petite phiole.

Dans la première observation elle étoit suspendue de même qu'aux précédentes; & nous trouvâmes par le calcul que l'angle du rouge n'étoit que d'environ 41 degrez 20'.

Nous fîmes chauffer ensuite l'eau de la petite phiole en la tenant assez long-tems dans de l'eau presque toute bouillante, en sorte qu'après l'avoir retirée, on ne la pouvoit tenir à la main. Nous la suspendîmes comme aux observations précédentes, & nous trouvâmes alors que l'angle de l'extrémité du rouge étoit de 44^d, 44'; ce qui me fit connoître que les différences que nous avions remarquées dans nos trois premières observations, procédoient de ce que l'eau de la petite phiole étant exposée à un soleil fort ardent, s'étoit échauffée peu à peu, & qu'ainsi la proportion de l'air s'étoit diminuée peu à peu. Il faut donc que la proportion de réfraction de l'eau à l'air, quand elle est fort chaude, soit à
TAB. X. peu près comme de 4 à 3 plus $\frac{1}{27}$: car la supposant telle, on trouve que
Fig. 34. le rayon qui tombe sur le 60^d, 30', fait T C de 22^d, 20', & qu'il y a quel-

quelque autre rayon qui peut faire cet arc de 22ᵈ. 23′, & par conséquent l'angle *f* I *d* de 44ᵈ, 46′; & lorsqu'on trouve l'angle de l'Arc-en-ciel de quarante-un degrez seulement, il faut que la proportion de la réfraction soit plus grande que de quatre à trois moins $\frac{1}{20}$; ce qui peut arriver par la grande froideur des goutes de la pluie, & par une plus grande raréfaction de l'air dans les lieux élevés.

Ainsi, selon les différentes saisons, les différentes heures du jour, & les différens païs, l'angle de l'Arc-en-ciel peut changer, & même sa circonférence peut n'être pas d'un arc de cercle régulier, parce que la proportion de la réfraction peut être différente dans les différentes élévations des goutes de la pluie.

J'ai trouvé par le calcul, que si la proportion de la réfraction étoit comme de cinq à quatre, l'angle d'incidence de 90ᵈ, moins 1″, feroit l'arc T C de 16ᵈ, 16′; & celui de soixante-quatre degrez qui feroit le dernier des rayons qui se romproient d'ordre, feroit cet arc de 28ᵈ, 28′, & feroit par conséquent l'angle de l'Arc-en-ciel de 56ᵈ, 56′, sçavoir le double de 28ᵈ, 28′.

J'ai aussi trouvé par le calcul, que s'il tomboit de petites boules de verre, l'Arc-en-ciel intérieur auroit son plus grand angle *f* I *d* de 22ᵈ, 48′; le rayon qui tomberoit entre le 51ᵉ. & le 52ᵉ. degré en la figure 33ᵉ, & qui feroit le dernier de ceux qui se romproient d'ordre, feroit cet angle de 22ᵈ, 48′, avec un rayon parallele à E A C, & ce rayon feroit T C de 11ᵈ, 24′; supposant la proportion de la réfraction du verre à l'air, comme de trois à deux; mais si la réfraction de l'eau à l'air étoit comme de quatre à trois & $\frac{1}{22}$, l'angle *f* I *d* feroit d'environ quarante-cinq degrez quelques minutes, & il feroit fait par le rayon qui tomberoit sur le 61ᵉ. degré à peu près, qui feroit le dernier de ceux qui se romproient d'ordre en leur première réfraction.

On fait aisément le calcul de cette proportion en multipliant le sinus de l'angle d'incidence par 3$\frac{1}{22}$, & divisant le produit par 4. Ainsi multipliant 86602 sinus de 60ᵈ, par 3$\frac{1}{22}$, le produit est 263742 à peu près, & le divisant par 4 on aura 65935 sinus de 41ᵈ, 15′, qui étant ôté de 60ᵈ, reste 18ᵈ, 45′, pour l'angle de réfraction, par le moïen duquel on acheve le reste du calcul, comme en la première table.

Mais, parce qu'en supposant la réfraction de 4 à 3, le calcul est plus aisé, on peut le faire sur ce pied-là; mais il faudra diminuer les angles *f* I *d* selon qu'on jugera que la proportion de la réfraction sera plus ou moins grande.

Je me sers donc de la seconde table, comme si elle étoit juste, & pour connoître quelle doit être la largeur de l'Arc-en-ciel intérieur, & l'ordre des couleurs, je fais le raisonnement suivant:

Les rayons du centre du soleil qui tombent sur les goutes d'eau depuis le 59ᵈ, 30′, que je suppose être le dernier de ceux qui se rompent d'ordre, jusqu'au 55ᵉ, ne s'écartent l'un de l'autre que d'environ 26 minu-

nutes après la ſeconde réfraction, & conſervent leur même ſituation. Or ſi tout le reſte de la goute étoit couvert, la lumière qui paſſeroit par cette ouverture de quatre degrez & demi de largeur, feroit des couleurs par le quatrième Principe, & leur écart ſelon les loix ordinaires de la réfraction ne ſeroit que de 26′, ſi elles venoient ſeulement du centre du ſoleil; mais y ajoûtant 32 minutes pour la largeur du ſoleil, & environ un degré pour les écarts du violet d'un côté & du rouge de l'autre, tout l'écart ſeroit de deux degrez. D'où je conclus que, lorſque la largeur de l'Arc-en-ciel intérieur eſt d'environ deux degrez, ſes couleurs peuvent être produites par la lumière qui tombe ſur cet arc de quatre degrez & demi, avec le même ordre qui a été expliqué dans la figure dix-ſeptième.

Mais ſuivant la ſeconde table, les rayons qui tombent depuis le 59ᵉ. degré 30′, juſques au 63ᵉ. degré 30′, ne font à peu près que le même écart de 26 minutes; & par conſéquent leur lumière doit être mêlée avec celle des rayons depuis le 59ᵉ. degré 30′, juſqu'au 55ᵉ. degré, & elle la doit fortifier: le rouge ſera extérieur aux autres couleurs, parce que les rayons qui le produiſent, font les plus grands angles *f* I *d*; mais ſi on compte le rouge, le jaune, le verd, & le bleu, pour les quatre couleurs ſupérieures, la couleur qui eſt la cinquième en ordre, n'eſt pas violette comme celle que les priſmes de verre font paroître, mais d'un rouge de pourpre; ce qui eſt aſſez difficile à expliquer. Voici mes conjectures.

Tous les rayons depuis le 76ᵉ. degré juſques au 50ᵉ, & au-delà, conſervent leurs ſituations en entrant & en ſortant de la goute; car leurs arcs ID diminuent toûjours: par exemple, l'arc ID du 65ᵉ. degré eſt de 16ᵈ, 16′, & celui du 56ᵉ. eſt de 7ᵈ, 48′: mais leurs arcs *f* I *d* augmentent; d'où il ſuit que le rayon I *d* du 65ᵉ. degré doit être rouge à l'égard du rayon I *d* du 56ᵉ. degré, & qu'il le doit couper à une certaine diſtance de la goute.

Si donc on ſuppoſe que le rayon I *d* 3, en la figure 34ᵉ, (Tab. X.) vient du 56ᵉ. degré, & que le rayon *b d* 2 vient du 65ᵉ, & qu'ils ſe coupent comme au point *d*; le rayon *b d* 2 conſervera ſa couleur rouge au-delà du point *d*, & ſi le rayon I *d* du 56ᵉ. degré contribue à faire la couleur violette, qui eſt la 5ᵉ. en ordre, ſon écart s'étendra comme de I 3 en I 2, & l'écart du rouge du rayon *b d* 2 qui vient du rayon du 65ᵉ. degré, ira comme en *b* 3: ces écarts ſe mêleront entre les points 2 & 3, & feront par leur mêlange une couleur de pourpre ſemblable à celle qui paroît dans les traverſes des chaſſis, quand on les regarde à travers un priſme équilatéral, dans une diſtance de 12 ou 15 pieds; comme il a été montré dans l'explication de la 5ᵉ. apparence.

D'où il s'enſuit qu'on ne doit point voir de violet au-deſſous du verd & du bleu, mais un rouge de pourpre, comme on le remarque toûjours.

Ces

Ces cinq couleurs, sçavoir le rouge, le jaune, le verd, le bleu, & le rouge de pourpre, qui font une largeur d'environ deux degrez quand les couleurs sont très-vives, comme je l'ai observé plusieurs fois, paroissent seules quand le soleil luit foiblement sur les goutes de la pluie; & alors leur largeur n'est que d'environ un degré 50 minutes. Mais quand les goutes sont fortement illuminées, & que la nuée où se fait la pluie, est très-noire, on voit ordinairement trois rangs de couleurs: sçavoir, un premier rang de rouge, de jaune, de verd, & de bleu; un second rang de pourpre, de jaune, de verd, & de bleu; & un troisième semblable au second, mais qui a ses couleurs beaucoup plus foibles.

Il ne paroîtra que deux rangs, si la nuée est un peu moins noire, & que les goutes de la pluie soient un peu moins illuminées. Quand le troisième rang paroît, la largeur de toutes les couleurs ensemble est de plus de trois degrez; les rayons qui les produisent, tombent sur l'arc AB, depuis le 69e. degré jusques au 48e, à peu près; & il se fait un mélange du rouge de quelques rayons qui viennent d'entre le 69e. degré & le 65e, avec le violet de quelques rayons qui viennent d'entre le 55e, degré & le 50e.

Pour mieux comprendre comme se font ces 3 rangs de couleurs; aïez une phiole de verre, bien ronde, de trois à quatre pouces de diamétre. Elle est représentée dans la figure 36e. *ab* est le diamétre du soleil. N *o* est le rayon du 59e. degré 30′, qui se rompt en *o* T, se réfléchit en T I, & fait sa seconde réfraction en I *d*. TAB. XII. Fig. 36.

P *q* tombe sur le 86e. degré, se rompt en *q t*, se réfléchit en *t y*, & fait sa seconde réfraction en *y* δ. *g h* tombe sur le 40e. degré, se rompt en *h x*, se réfléchit en *x* η au-delà du point D, & fait sa seconde réfraction en η δ, coupant ensuite le rayon *y* δ; ce qui doit arriver, puisque l'angle *f y* δ est moindre que l'angle *f* η δ, celui-ci étant de 35^d, 16′, & *f y* δ de 21^d, 44′. Si donc l'œil est au point *d* dans la ligne I *d*, il verra dans la direction de cette ligne le premier rouge fort éclatant qui vient du rayon N *o*; & s'il s'avance vers *y* δ, lorsqu'il sera en l'intersection des rayons *y* δ & η δ, comme au point δ, il verra une lumière dans la phiole selon la ligne δ η continuée, & une autre selon la ligne δ *y*. Ces deux lumières sont représentées par les deux ronds *n c* & K *l*: la première est produite par le rayon *g h*, & par quelques autres qui tombent deçà & delà à quelques minutes de distance; & la seconde, par le rayon P *q*, & par quelques autres qui tombent de deça & delà, à pareil nombre de minutes de distance à peu près. Ces deux ronds de lumière, qui sont comme des images du soleil, seront sans couleurs sensibles: le rond K *l* paroîtra comme un petit point blanc, par les raisons qui ont été dites en l'explication de la figure 35e, à l'égard des rayons R *s*, *p q*: l'autre rond *n c* sera aussi sans couleurs sensibles à cause du peu d'obliquité du rayon *g h*. Que si l'œil est situé entre les deux

rayons I *d* & *η δ*, comme au point 2, il ne verra pas ces deux ronds; mais il en verra deux autres qui seront colorés, sçavoir *r e* & *i m*. Le rond *r e* aura son rouge vers *r*, & le rond *i m* par un ordre renversé l'aura en *m*: on verra mieux les couleurs de ces ronds de lumière, si on ferme l'œil à demi.

Il paroîtra de semblables lumières, si au lieu de celle du soleil on reçoit pendant la nuit celle de la flamme d'une chandelle sur la petite phiole: car on y verra deux petites images de la flamme de la chandelle, qui seront sans couleurs en K *l* & en *n c*; mais l'œil étant comme au point 2, elles paroîtront en *r e* & *i m* avec des couleurs.

Pour expliquer ces apparences, qui peuvent servir à expliquer les rangs différens de couleurs qui paroissent dans l'Arc-en-ciel intérieur, il faut remarquer que suivant ce qui a été dit en l'explication de la figure 9[e], les rayons qui procédent du point *a*, qui est l'extrémité du diamétre du soleil, étant les plus obliques, doivent produire le rouge & le jaune; & que ceux qui viennent du point *b*, étant les moins obliques, doivent produire le bleu & le violet. Or les rayons les plus obliques de ceux qui tombent entre le point *o* & le point B, ont toûjours l'arc T C & l'angle *f* I *d* plus petits; & les plus obliques de ceux qui tombent entre *o* & A, ont toûjours cet arc T C & cet angle *f* I *d* plus grands, comme on le voit par la seconde table & par la figure 34[e]. D'où il arrive, que les rayons qui viennent du point *a*, dont l'incidence est plus oblique pour venir à l'œil en *δ*, que ceux du point *b*, sont vûs sous un moindre angle vers *γ*, & sous un plus grand vers *η*; & par conséquent le point *a* sera représenté dans le rond K *l* par le point K, & le point *b* par le point *l*; mais dans le rond *n c* le point *a* sera représenté par *c*, & le point *b* par *n*. Par les mêmes raisons le point *a* sera représenté dans le rond *r e* par le point *r*, & dans le rond *i m* par le point *m*; & par conséquent les points *m* & *r* seront rouges, & les points *i* & *e* seront violets: mais pour voir ces deux ronds intérieurs, il faut que l'œil soit entre *δ* & *d* comme au point 2.

On peut confirmer cette démonstration par l'expérience suivante:

Disposez deux chandelles à cinq ou six pouces l'une de l'autre, en sorte que la flamme de l'une soit plus haute que celle de l'autre de quatre ou cinq pouces, & un peu plus éloignée de la phiole; & supposez que leur distance représente la distance des points *a* & *b*, & que celle qui est la plus éloignée, soit le point *b*, & l'autre le point *a*. Recevez leurs lumières sur la phiole comme vous aurez fait celle du soleil; vous verrez paroître quatre flammes de chandelle: couvrez la flamme de la chandelle qui est la plus basse, en sorte qu'elle ne luise plus sur la phiole; vous verrez disparoître les deux lumières intérieures *r e* & *i m*: d'où vous jugerez, que, si les deux ronds K *l* & *r e* représentent les extrémitez *a* & *b* du diamétre *a b*, le rond *r e* sera celui qui représentera le point *b*, & le rond K *l* le point *a*; & que des deux ronds *i m* & *n c*, qui représen-

sentent les mêmes points *a* & *b*, le rond *nc* représentera le point *a*, & le rond *im* le point *b*: d'où il s'ensuit, que les images du soleil qui paroissent vers le milieu de la phiole comme en *im*, ont leur point *a* en *m*, & qu'il y doit paroître du rouge; & que celles qui paroissent de l'autre part, comme en *re*, ont leur même point *a* en *r*, & qu'il doit paroître du rouge vers ce point *r*.

Dans les grandes distances on ne voit pas en une même goute les deux ronds *re* & *im*, parce que leurs rayons se coupent assez près de la goute, & font ensuite une divergence. Il faut donc considérer seulement les différences de leurs arcs *f* I *d*. TAB. XI. Fig. 36.

Or, si on conçoit plusieurs goutes de pluie élevées dans l'air l'une sur l'autre, le rayon I *d*, produit par le rayon N *o*, viendra à l'œil d'une goute plus élevée que celle qui lui envoïera le rayon *m* 2, puisque le rayon rompu I *d* fait un plus grand angle *f I d*.

Par la même raison le rayon *m* 2 viendra à l'œil d'une goute plus élevée que celle d'où viendra le rayon *r* 2; & ainsi de suite. D'où il arrivera, que l'œil aiant reçû les rayons qui font le rang supérieur de rouge, de jaune, de verd, & de bleu, verra au-dessous immédiatement les couleurs du deuxième rang, qui procédent du petit rond *im*, & qui font de plus petits angles *f* I *d*: & par conséquent l'extrémité intérieure du violet du premier rang, qui fait aussi un plus petit angle *f* I *d* que les écarts qui font le bleu du même rang, se mêlera avec l'extrémité de l'écart rouge du deuxième rang; & il se fera par leur mélange une couleur de pourpre, qui paroîtra au-dessous de la bande de bleu du premier rang.

Mais, parce qu'à mesure qu'on avance l'œil de *δ* vers *f*, les deux petits ronds s'éloignent l'un de l'autre dans la phiole, & qu'ils s'approchent quand l'œil s'avance de l'autre côté; il doit arriver nécessairement, que s'il y a plusieurs goutes situées de suite près à près perpendiculairement au-dessous de celles qui font le premier rang de couleurs, on ne verra pas ces petits ronds en même situation dans chacune d'elles, & que leurs rayons rouges feront des angles *f* I *d* différens; ce qui doit faire encore d'autres rangs & d'autres mélanges de couleurs.

On peut comprendre la nécessité de cette pluralité de rangs par le raisonnement suivant:

Les arcs *q* S & *y* I, par où passe le rayon R S *pq*, ne sont pas disposés à l'égard l'un de l'autre comme les arcs K *o*, *u z*, & on peut considérer ces arcs comme des lignes plus ou moins inclinées l'une à l'autre. TAB. XI. Fig. 35.

La lumière du soleil, passant à travers un verre taillé à plusieurs facettes diversement inclinées, fait paroître en plusieurs endroits sur les surfaces qui lui sont opposées, de petits ronds ou de petites ovales de lumières qui sont comme des images du soleil; quelques-unes de ces lumières ont des couleurs, & les autres n'en ont point, comme il a été expliqué en la 9e. Apparence.

On peut donc concevoir de même, que le rayon solide R S *p q*, passant à travers l'arc S*q*, dans la figure 35e, & ensuite à travers l'arc *y* I, doit faire paroître au-delà de la goute une image du soleil ronde ou ovale; & qu'un autre rayon solide comme *m* K *n o*, passant à travers l'arc *t* K & ensuite à travers l'arc *u z*, doit faire aussi paroître une autre image du soleil, ronde ou ovale; & que la même chose doit arriver en plusieurs autres endroits du quart de cercle A B, & du quart de cercle C D; mais avec cette différence, que les facettes du verre, quoique contigues, font séparer les lumières ou images du soleil, & que les surfaces courbes de la goute d'eau, qui sont contigues, lient ensemble ces lumières.

On peut donc concevoir qu'un rayon solide aiant passé à travers un arc compris entre le 59^d, 30', & le 55^d. du quart de cercle A B, & ensuite à travers un arc compris entre le 11^d, 32', en comptant de D vers C, & le 6^d, 36', comme la seconde table le fait voir, doit faire une lumière colorée, de rouge, de jaune, de verd, de bleu, & de violet, semblable à celle que les prismes de verre font paroître, ainsi qu'il a été prouvé; & qu'un autre rayon solide passant à travers l'arc compris entre le 55e. degré & le 52e. du quart de cercle A B, & ensuite par l'arc compris entre le 6d, 36', comptant de D vers C, & le 2^d, 56', doit faire une autre lumière colorée: le milieu du verd de cette seconde lumière doit s'écarter du milieu du verd de la première d'environ 40', mais elle doit joindre son écart rouge avec l'écart violet de l'autre; parce que le rouge de cette seconde lumière, ou image du soleil, doit s'écarter du côté de la convexité de sa courbure vers le violet de la première; & le violet de la première doit s'écarter du côté de sa concavité vers le violet de la seconde, par le 2e. Principe. Le même mélange peut encore se faire à l'égard du violet du second rang & du rouge d'un troisième rang, qui peut venir d'un troisième rayon solide passant entre le 52e. degré & le 49e, 48', du quart de cercle A B; & ensuite entre le point D & le 2e. degré 56', de D vers C; & ainsi de suite, jusques à ce que les rayons ne soient plus disposés à faire des couleurs, & qu'ils s'écartent trop pour être visibles à une grande distance, comme il a été prouvé.

Pour bien comprendre l'ordre des couleurs de l'Arc-en-ciel intérieur; voïez la figure 38e.

TAB. XI. Fig. 38. A, B, C, sont trois goutes de pluie, de chacune desquelles sortent trois rayons: sçavoir, celui qui fait le rouge qui est au-dessous des deux autres, dans la convexité de la courbure, & qui vient du 59^d, 30'; celui qui fait le verd; & celui qui fait le violet.

A *a*, B *a*, C *a*, sont les rayons qui font le rouge. A *b*, B *b*, C *b*, font le verd. A *c*, B *c*, C *c*, font le violet. L'œil qui est supposé être en *d*, reçoit le rayon rouge A *a d* de la goute A, & les deux autres rayons passent plus haut. Le même œil en *d* reçoit le rayon B *b d* qui fait le verd, & ne reçoit ni B *a* ni B *c*; il reçoit aussi le rayon C *c d* qui

fait

fait le violet, & les rayons Cb, Ca, paſſent au-deſſous; d'où il s'enſuit qu'il verra du rouge ſelon la ligne daA; du verd, ſelon la ligne dbB; & du violet, ſelon la ligne dcC.

Si on entend qu'à une grande diſtance il y ait pluſieurs autres goutes entre ces 3, on jugera aiſément qu'elles feront voir du jaune entre A & B, & du bleu entre B & C, & même des nuances de jaune orangé, de jaune verdâtre, de verd bleuâtre, &c; & que s'il y en a d'autres au-deſſous de C, elles feront paroître les couleurs des autres rangs, ſelon que les rayons rompus qui en ſortiront, feront les angles fId moindres ou plus grands.

Les différens éloignemens des goutes de pluie juſques à l'œil doivent un peu changer le mêlange & les nuances des couleurs par les différentes interſections des rayons qui viennent depuis environ le 70e. degré juſques au 59e, 30′, & de ceux qui viennent depuis le 59e, 30′ juſques au 47e. à peu près, qui font toutes les couleurs viſibles.

On en peut remarquer juſques à quatre rangs dans l'expérience de l'eau qu'on ſouffle en haut en petites goutellettes dans une chambre expoſée au ſoleil; particuliérement ſi l'eau eſt très-claire, & que la paroi oppoſée aux fenêtres ſoit tendue de noir.

J'ai vû pluſieurs fois très-diſtinctement trois rangs de couleurs dans l'Arc-en-ciel intérieur; mais je n'ai remarqué qu'une ſeule fois un 4e. rang. Ce 4e. rang avoit bien moins de largeur que le rang ſupérieur: ſes couleurs étoient ſemblables à celles du 3e. rang, mais elles étoient plus foibles: il ſe terminoit en un verd bleuâtre, & toutes les couleurs enſemble au-deſſous du rouge de pourpre ſupérieur me paroiſſoient avoir moins de largeur que le premier rang, y compris le rouge de pourpre.

EXPLICATION DE L'ARC-EN-CIEL EXTÉRIEUR.

L'Arc-en-ciel extérieur ſe fait par les rayons du ſoleil qui viennent à l'œil après deux réfractions & deux réflexions dans une même goute de pluie en la maniére ſuivante:

ABCD, dans la figure 37e, repréſente une goute de pluie: $bAeC$ eſt un rayon du centre du ſoleil, paſſant par le centre e: bF eſt un rayon parallele à bAC; ſon premier rayon rompu eſt FT, qui ſe réfléchit en TI, & enſuite en IL, d'où il fait une ſeconde réfraction en LO. TAB. XI. Fig. 37.

On ne conſidére point ici les réfractions qui ſe font aux points T & I vers le dehors de la goute. ID eſt égale à DK; ILN eſt une ligne droite; ML & ms ſont paralleles à bAC.

Or, s'il y a quelque autre rayon parallele à bF, comme bP, qui après deux réfractions & deux réflexions faſſe ſon ſecond rayon rompu

pu S V parallele à L O, & que ces rayons *b* F, *b* P, ne changent point leurs situations en entrant & en sortant de la goute; la lumière comprise entre ces deux rayons pourra produire des couleurs visibles, comme il a été prouvé dans l'explication de l'Arc-en-ciel intérieur.

Ces deux conditions se rencontreront dans quelques rayons qui tombent au-delà du 60e. degré, comptant depuis A vers B, sçavoir dans ceux qui n'étant différens que d'environ un degré, feront leurs premiers rayons réfléchis dans la goute paralleles entre eux; ce qui se prouve ainsi:

Soient *b* F & *b* P deux rayons paralleles peu éloignés l'un de l'autre, & tombant au-delà du 63e. degré; ils se couperont en leur première réfraction, par ce qui a été dit en la figure 33e. Soient F T & P *q* leurs premiers rayons rompus. Je dis, que si leurs premiers rayons réfléchis T I & *q* R sont paralleles, leurs seconds rayons rompus L O & S V seront aussi paralleles entre eux, & qu'ils conserveront leurs situations: car, puisque ces rayons T I & *q* R sont paralleles, ils se réfléchiront en I L & en R S, de la même manière qu'ils se réfléchiroient réciproquement en T F & P *q*; & ces seconds rayons réfléchis I L & R S se couperont de même que T F & P *q*. Donc les incidences en L & S seront semblables aux incidences en F & P, chacune à la sienne, tout étant égal de part & d'autre; & par conséquent les réfractions I L O & R S V seront égales aux réfractions T F *b* & *q* P *b*. Mais les rayons F *b* & P *b* sont paralleles. Donc les rayons L O & S V seront aussi paralleles, & feront des angles égaux avec M L & *m* S, qu'on suppose paralleles à *b* A C: & puisque ces rayons se coupent deux fois dans la goute, il faut nécessairement que le rayon *b* P, qui est dans la convexité de la courbure en entrant, y soit aussi en S V. Il est encore manifeste, que les arcs F P & S L sont égaux, puisque les arcs *q* T & R I sont égaux; & par cette raison les rayons L O, S V, seront à la même distance l'un de l'autre, que les rayons *b* F, *b* P.

Pour connoître s'il y a de tels rayons, on en fera le calcul, comme en la table suivante.

Je prens pour exemple le rayon qui tombe sur le 72e. degré, que je suppose être *b* F.

Le sinus de 72d. est 95105; 71329 en est les trois quarts; ce nombre est le sinus de 45^d, 30': la différence de 72^d, & de 45d, 30' est 26^d, 30' pour l'angle de réfraction G F T.

TROISIÈME TABLE.

Calcul du 72e. degré.

Angle	GFT	26d.	30'.
Arcs	GT	53.	
	BG	18.	
	BT	71.	
	TC	19.	
	FT	89.	
	TI	89.	
	CI	70.	
	ID	20.	
	IK	40.	
	IL	89.	
	KL	49.	
Angles	LIK	24.	30.
	NLO	26.	30.
	MLO	51.	
Arcs	DL	69.	
	LA	21.	

On trouvera par un ſemblable calcul que le rayon *b* P tombant ſur le 73e. degré, faiſant ſon premier rayon rompu P *q*, fera l'arc P *q* de 88d, 20', & l'arc *q* C de 18d, 40'. D'où il s'enſuit que le premier rayon réfléchi de *b* F, qui fait l'arc TI de 89d, paſſera le rayon réfléchi *q* R de 20' de part & d'autre ; c'eſt-à-dire, que les petits arcs T *q* & RI ſeront chacun de 20' : & par conſéquent ces deux rayons réfléchis ſeront paralleles ; & par la démonſtration précédente, les ſeconds rayons rompus LO & SV, qui font les angles MLO & *m* SV chacun de 51 degrez, ſeront auſſi paralleles.

On voit auſſi par le même calcul, & par l'inſpection de la figure, que ces rayons ſont dans la même ſituation en entrant & en ſortant de la goute, & qu'ils ſont également diſtans, puiſque l'arc LA eſt de 21d, & l'arc SA de 22d. D'où l'on voit évidemment que ces rayons doivent être colorés & conſerver la vivacité de leurs couleurs juſques à une grande diſtance : il eſt vrai, qu'elles doivent être plus foibles que celles de l'Arc-en-ciel intérieur, parce que les rayons I*d*, qui font l'Arc-en-ciel intérieur, ne ſont affoiblis que par deux réflexions & une réfraction, & le rayon LO eſt affoibli par deux réflexions & par deux réfractions.

Pour connoître quels ſont les autres rayons qui peuvent contribuer à cet Arc-en-ciel, j'ai calculé les angles MLO, & les arcs LA pour tous

tous les degrez, depuis le 90[d], jusques aux 58[e]. Ces angles & ces arcs servent à déterminer la hauteur de cet Arc-en-ciel, & les rayons qui le produisent, de même que les angles *fId*, & les arcs TC & ID servent à déterminer l'Arc-en-ciel intérieur.

QUATRIÈME TABLE.

POUR L'ARC-EN-CIEL EXTÉRIEUR.

Degrez.		Arcs	L A.	Ang.	MLO.
90d.		21d.	36'	68d.	24'
86		24	36	61	24
82		25	48	56	12
80		26	12	53	48
79		25	30	53	30
78		25	6	52	54
77		24	42	52	18
76		24	12	51	48
75		23	30	51	30
74		22	48	51	12
73	30'	22	24	51	6
73		22		51	
72		21	50	51	
72		21		51	
71		20		51	
70	30	19	24	51	4
70		18	54	51	6
69	30	18	18	51	12
69		17	42	51	18
68		16	24	51	36
67		14	54	52	
66		13	30	52	30
65		12	6	53	6
64		10	18	53	42
63		8	36	54	24
62		6	48	55	12
61		4	54	56	6
60		3		57	
59		1		58	
		Arc Aλ			
50		1		59	

On voit par cette table. 1°. Que les rayons depuis le 71, jusques au 73[e], font les angles MLO de 51 degrez, qui sont les moindres de tous.

2°. Que

2°. Que leurs seconds rayons rompus L O sont paralleles, ou du moins sensiblement paralleles. 3°. Que depuis le 71^d. jusques au 68e, & depuis le 73e. jusques au 75e, ces rayons L O sont peu divergens entr'eux, étant pris de degré en degré. 4°. Que de même que dans le premier Arc-en-ciel, il y a un rayon comme celui du 59e. degré 30′, qui fait le plus grand angle *f* I *d*; & que plusieurs autres decà & delà pris alternativement de deux en deux, font leur première réfraction sur un même point T de la goute: ainsi dans le second Arc-en-ciel, il y a un rayon comme celui qui tombe sur le 72e. degré, qui fait le plus petit angle M L O; & qu'il y en a deçà & delà, qui pris de deux en deux font leurs premiers rayons réfléchis, paralleles entre eux, & ensuite leurs seconds rayons rompus. D'où l'on conclut, que si le rayon I *d* du 59$_e$. degré 30′, qui fait le plus grand angle *f* I *d*, fait l'extrémité du rouge du premier Arc-en-ciel; aussi le rayon L O du 72e. degré, qu'on suppose faire le plus petit angle M L O, fera l'extrémité du rouge du second Arc-en-ciel.

On trouvera par le calcul quels seront les autres rayons qui feront leurs premiers rayons réfléchis paralleles. Par exemple, pour sçavoir quel sera le rayon qui fera le parellelisme avec le 70$_e$. degré, je prens le 74$_e$, & je considére les arcs F T & T C du 70e, & du 74$_e$. degré; je trouve que la différence de leurs arcs F T ou T I est 2 degrez 38′, & quel celle de leurs arcs T C est 1$_d$, 22′, qui est de plus de la moitié de 2^d. 38′, & elle devroit être égale à cette moitié pour faire le parallelisme des premiers rayons réfléchis; je prens donc un moindre dégré que 74. (si la différence des arcs T C étoit moindre que la moitié de la différence des arcs F T, il faudroit prendre un plus grand degré que 74.) Je prens donc 73^d, 45′, & je trouve que son arc F T est de 87$_d$, 52′, & son arc T C de 18$_d$. 23′; je trouve aussi que l'arc F T du 70e. degré est 90$_d$, 22′, & que son arc T C est de 19^d. 38′; la différence de 90^d, 22′, & de 87$_d$, 52′, est de 2^d, 30′, dont la moitié 1^d, 15′ est égale à la différence de 18^d, 23′, & de 19^d, 38′; par où je connois que les rayons qui tombent sur le 70^d, & sur le 73^d, 45′, font leurs rayons T I paralleles, & ensuite leurs rayons L O.

Que si on objecte que le calcul des sinus n'est pas entièrement exact, & que ces rayons T I ne sont pas précisément paralleles; on répond qu'il y en aura toûjours quelques-uns deça & delà de celui qui fait l'angle M L O le moindre de tous, qui feront leurs rayons T I paralleles, & que si le 73$_d$, 45′ ne le fait pas précisément avec le 70e. degré, il le fera avec quelque autre plus grand ou moindre de quelques minutes, secondes, tierces, &c. du moins la différence en sera insensible; ce qui suffit pour faire les couleurs assez fortes.

On voit encore par cette table, que les rayons depuis le 90$_e$. degré jusques au 79e, ne peuvent faire voir de couleurs, puisque leurs angles M L O diminuent de suite, & que leurs arcs L A augmentent: & par cette raison le rayon du 86$_e$. degré fera son rayon rompu L O in-

intérieur au rayon L O du 82e, & ne le coupera point : au lieu qu'en entrant dans la goute, il lui étoit extérieur ; c'eſt-à-dire, dans la convexité ; ce qui détruit les couleurs par le ſeptième Principe.

La lumière de ces rayons eſt auſſi trop foible pour être apperçue de loin, à cauſe de leur trop grand écart, qui eſt de plus de cinq degrez.

Les rayons depuis le 59d, 30′, juſques au 50e. & au-deſſous, ne peuvent auſſi contribuer à cet Arc-en-ciel, à cauſe du trop grand écart de leurs rayons L O, qui eſt d'un degré entier entre ceux qui viennent du 59e. degré & du 58e, & de plus d'un degré entre ceux du 58e. & du 57e, &c.

On le connoîtra par expérience, ſi on fait tomber un rayon ſolide de deux ou trois lignes d'épaiſſeur ſur une phiole de verre vers le 59e. degré à peu près. Car, ſi cette phiole, repréſentée par la figure 37e, eſt de deux ou trois pouces de diamétre, & qu'elle ſoit bien ronde & remplie d'eau fort claire, lorſqu'on recevra le ſecond rayon rompu I *d*, qui eſt celui qui fait l'Arc-en-ciel intérieur, ſur du papier blanc, à deux ou trois pieds de diſtance de la phiole, on verra des couleurs très-vives ; mais ſi on reçoit de même en V O le rayon rompu L O, venant du 59d, 30′, on ne verra que des couleurs très-foibles, & qui ſe diſſiperoient à une grande diſtance. Au contraire, ſi on fait tomber le même rayon ſolide vers le 72d. degré ſur la phiole, on ne verra que de foibles couleurs dans le rayon rompu I *d*, & on en verra de fort belles dans le rayon L O, ſi on met le papier en V O ; ce qui fait voir évidemment, que les rayons qui tombent vers le 72e. degré, produiſent le ſecond Arc-en-ciel.

On ne voit qu'un rang de couleurs dans cet Arc-en-ciel, ſçavoir, du rouge, du jaune, du verd, du bleu, & du rouge de pourpre ; parce qu'encore qu'il s'y en pût faire d'autres, on ne les verroit point à cauſe de l'affoibliſſement de la lumière qui ſe fait par la réfraction aux points R & I où ſe fait la ſeconde réflexion.

Quand on ne voit qu'un rang de couleurs dans l'Arc-en-ciel intérieur, on ne voit point la bande de pourpre dans l'Arc-en-ciel extérieur ; & quand on voit en celui-ci la bande de pourpre, on peut voir deux ou trois rangs de couleurs dans l'autre.

On pourra expliquer la couleur de pourpre & les autres couleurs de cet Arc-en-ciel extérieur, comme on les a expliquées à l'égard de l'intérieur.

Pour avoir l'angle que l'extrémité du rouge de l'Arc-en-ciel extérieur fait avec le rayon du centre du ſoleil qui tend à l'œil, il faut ôter de l'angle M L O de 51 degrez, 16 minutes pour le demi diamétre du ſoleil, & environ 32 minutes pour l'écart du rouge qui doit être plus grand que dans l'Arc-en-ciel intérieur, parce que l'incidence ſur le 72e. degré eſt plus oblique que ſur le 59e, 30′ ; & par ce moïen on verra cette extrémité ſous un angle de 50 degrez 12′, à peu près.

J'ai

J'ai trouvé par le calcul, que si la proportion de la réfraction de l'eau étoit comme de quatre à trois & $\frac{1}{22}$, l'angle MLO du 72ᵉ. degré seroit de 45ᵈ, 36′; & que s'il tomboit de petites boules de verre, l'extrémité du rouge paroîtroit sous un angle de plus de 80 degrez.

Lorsque les oiseaux sont fort élevés dans l'air, ils peuvent voir des couronnes entières au lieu de ces arcs: mais quand nous sommes sur de hautes tours ou sur de hautes montagnes, nous ne pouvons voir le reste de ces couronnes, parce que l'ombre que font les tours & les montagnes, tombent sur les goutes les plus basses qui doivent achever les couronnes.

Pour connoître l'ordre & la situation des couleurs de l'Arc-en-ciel extérieur, considérez la figure 38ᵉ.

E, F, G, sont 3 goutes de pluie, de chacune desquelles sortent 3 rayons; le plus haut est rouge, celui du milieu est verd, & le plus bas est de couleur de pourpre. TAB.XI. Fig. 38.

Eg, *Fg*, *Gg*, sont trois rayons paralleles qui font le rouge.

Ef, *Ff*, *Gf*, font le verd; & *Ee*, *Fe*, *Ge*, font la couleur de pourpre.

L'œil étant au point *d* reçoit le rayon rouge G *g d*, qui vient du 72ᵉ. degré, & ne reçoit pas les deux autres; il reçoit le rayon verd E *f d*, & ne reçoit ni F *g* ni F *e*; il reçoit aussi E *e d* qui fait la couleur de pourpre, & les rayons E *g*, E *f*, passent plus haut; & par ce moïen il doit voir le rouge au-dessous des autres couleurs, le verd au milieu, & la couleur de pourpre au-dessus. Que si la ligne *d h* représente la continuation d'un rayon du centre du soleil, & que l'angle *h d* A soit d'environ 4ᵈ, 20′, & l'angle *h d* G d'environ 50 degrez 12′; l'angle G *d* A, qui sera à peu près de 8 degrez 50′, fera connoître la différence des élévations de ces deux Arcs-en-ciel.

Je ne dois pas oublier ici de dire, qu'on voit quelquefois des Arcs-en-ciel sans couleurs. Ils se font dans les brouillards, comme les autres se font dans la pluie.

J'en ai vû à trois diverses fois; la dernière fois j'en vis deux de suite en moins d'une demi heure. C'étoit au mois de Septembre; il avoit fait un grand brouillard au lever du soleil. Une heure après, le brouillard se sépara par intervalles; un vent qui venoit du levant aiant poussé un de ces brouillards séparés à deux ou trois cent pas au-delà du lieu où j'étois, & le soleil luisant clairement dessus, je vis un Arc-en-ciel semblable en grandeur, en situation, & en figure, à un Arc-en-ciel ordinaire. Il étoit tout blanc hors un peu d'obscurité qui le terminoit à l'extérieur; la blancheur du milieu étoit très-éclatante, & surpassoit de beaucoup celle qui paroissoit sur le reste du brouillard; il n'avoit qu'environ un degré & demi de largeur. Un autre brouillard aiant été poussé de même, je vis un autre Arc-en-ciel semblable au premier; ces brouillards étoient si épais, que je ne voïois rien au-delà.

J'attribue ce défaut de couleurs à la petiteſſe des vapeurs imperceptibles qui compoſent les brouillards.

Cette apparence m'a fait connoître que ces vapeurs imperceptibles ne ſont pas étendues en de petits fils, comme le veut M. *Deſcartes*; mais qu'elles ſont rondes, puiſqu'elles font des réfractions ſous les mêmes angles que les goutes de la pluie.

Je me ſouviens d'avoir vû, il y a fort long-tems, en une même nuit, trois Arcs-en-ciel à la lune, ſemblables à ceux que je viens de décrire; c'étoit au mois d'Octobre, deux ou trois heures avant le jour; & ils ſe firent l'un après l'autre dans des brouillards ſéparés.

ONZIÈME APPARENCE.

Les petites Couronnes autour des Aſtres.

Lorſqu'il y a dans l'air des nuées médiocrement épaiſſes, on voit ordinairement autour du Soleil ou de la Lune, une eſpéce de Couronne lumineuſe de quatre ou cinq degrez de diamétre, terminée à l'extérieur par une couleur rougeâtre. Les parties intérieures ſont les plus lumineuſes, & tirent un peu ſur le bleu.

Il y en paroît quelquefois d'autres qui ont deux rangs de couleurs. Le rang extérieur a du rouge en ſon extrémité la plus éloignée, & enſuite du jaune, du verd, du bleu, & du violet; ce violet joint le rouge du rang intérieur: on voit mieux ces deux rangs de couleurs autour du Soleil, quand on les regarde par réflexion dans de l'eau calme, parce qu'on en eſt moins ébloui; il faut faire en ſorte qu'on ne voïe pas le Soleil par réflexion, mais ſeulement les nuées qui en ſont proches.

EXPLICATION.

Cette apparence eſt encore plus difficile à expliquer que l'Arc-en-ciel: car on ne peut pas ſçavoir avec certitude, quelles ſont les matières qui la produiſent; ſi ce ſont des vapeurs aqueuſes, ou des exhalaiſons, ou des parcelles de neige dont les nuées ſont quelquefois mêlées, & on n'en peut avoir que de légéres conjectures.

Mon hypothèſe eſt, que les petites couronnes qui n'ont qu'un rang de couleurs, ſe font dans les vapeurs aqueuſes qui compoſent les nuées; & je fonde cette hypothèſe ſur les expériences ſuivantes:

Regardez la flamme d'une chandelle à travers les vapeurs épaiſſes qui ſortent de quelque vaiſſeau plein d'eau bouillante pendant un grand froid; vous verrez une petite couronne de quatre ou cinq degrez de diamétre, concentrique à la flamme de la chandelle, & ſemblable à celles qu'on voit autour du ſoleil ou de la lune avec un ſeul rang de couleurs.

Vous verrez encore une ſemblable apparence, ſi vous ſoufflez, en ou-

ouvrant la bouche, contre une glace de verre bien polie comme celles dont on fait les miroirs, & que vous regardiez ensuite une chandelle allumée au travers des petites goutes d'eau imperceptibles qui ternissent le verre.

J'explique ces petites couronnes en la manière suivante:

ABCD représente une goutelette de vapeur. A *e* C est le diamétre, par où passe le rayon *b* AC, qui vient du centre du soleil ou de la lune. *b* FG est un autre rayon parallele à *b* AC, qui fait sa première réfraction en FT, coupant l'arc CB au point T, & sa seconde en T*o* sur l'œil en *o*, coupant en M le diamétre AC prolongé, & en *o*, le rayon *b o* parallele à *b* AC. TAB.XI. Fig. 39.

On fera le calcul de l'angle CMT selon la table suivante.

L'arc AF est de 6 degrez; NTK est parallele à *b* FG; *e* TE & FTL sont des lignes droites; l'angle de réfraction GFT se trouvera par ce qui a été enseigné dans le calcul de l'Arc-en-ciel, d'environ un degré, 30′.

CINQUIÈME TABLE.

Calcul des petites couronnes.

Angle GFT	1d.	30′.	
Arcs. GT	3.		
TC	3.		
Angles C*e*T ou ETK	3.		
ETL	4.	30.	
ETM	6.	0.	20″
KTM ou CMT ou *b*OT	3.	0.	20″

On trouvera par un semblable calcul, que si AF est de sept degrez, l'angle CMT sera de 3d, 30′, 40″; d'où l'on connoîtra que l'écart ou divergence des seconds rayons rompus du 6e. & du 7e. degré, en comptant de A vers B, fait un angle de 30′, 20″.

On trouvera de même, que l'écart des seconds rayons rompus du 20e. degré & du 21e, comprendra un angle de 33′; & enfin que plus les angles d'incidence seront grands, plus il y aura de différence entre les écarts de deux rayons qui ne différent que d'un degré: & parce que l'arc AB étant divisé par degrez, les rayons paralleles à l'arc AC, qui tombent sur les points les plus éloignés du point A, sont plus proches les uns des autres que ceux qui tombent sur les points moins éloignés, il y aura plus de lumière comprise entre les rayons qui tombent sur le 6e. &

 sur

sur le 7e. degré, comme *b* F & *b h*, qu'entre ceux qui tombent plus loin, comme *b s*, *b* V. D'ailleurs, les rayons les plus obliques réfléchissent plus de lumière, & il en passe moins dans les réfractions; & ainsi il y a trois causes, qui rendent plus forte la lumière comprise entre deux rayons différens d'un degré, quand ils tombent à trois ou quatre degrez de l'arc *b* A C, que quand ils tombent plus loin.

La première, qu'il y a plus de lumière entre les 2 rayons d'incidence. La seconde qu'il en passe plus à proportion à travers la goute dans les deux réfractions. La troisième, que les écarts de la lumière sont plus petits. D'où il s'ensuit, que la lumière rompue dans les goutelettes qui composent les nuées, n'est visible que jusques à une certaine distance; & que le reste de la nuée paroît ordinairement noir & obscur.

De-là vient que les petites couronnes qu'on voit autour des petites planettes, n'ont ordinairement que deux ou trois degrez de diamétre.

J'ai observé plusieurs fois, que l'air étant tout rempli de nuées qui alloient fort vîte, la lune disparoissoit souvent; qu'on la voïoit quelquefois foiblement sans aucune couronne, & quelquefois avec des couronnes, de deux, ou trois, ou quatre degrez de diamétre.

J'attribuois le premier cas à la trop grande épaisseur des nuées, qui ne laissoit passer aucune lumière ni directe ni rompue; le deuxième, à une moindre épaisseur, qui laissoit passer les rayons directs, mais qui ne laissoit pas passer les rayons rompus, à cause de leur foiblesse; & les autres cas, à de moindres épaisseurs, mais différentes, qui laissoient passer plus ou moins de rayons rompus, selon qu'elles étoient plus ou moins épaisses.

Les couleurs de ces petites couronnes sont foibles à cause que les réfractions sont petites.

On prouvera que le rouge & le jaune doivent paroître à l'extérieur de ces couronnes, & le bleu dans l'intérieur, par les raisons suivantes:

Les Opticiens sçavent que les rayons paralleles qui tombent sur une goute d'eau, ne coupent pas en leurs réfractions le diametre prolongé dans un même point; mais que les plus éloignés du diamétre le coupent plus près de la circonférence.

Soient donc *b* F, *b h*, deux rayons paralleles venant du centre du soleil dont les seconds rayons rompus soient T M *o*, *r g q*, se coupant au point *x*: le rayon *r x* étant dans la convexité de la courbure sera rouge par le premier Principe, & T *x* qui est dans la concavité sera bleu; & ces couleurs se conserveront au-delà de leur foyer *x*, comme il a été montré dans l'explication de la 8e. Apparence. Donc l'œil étant en *o* verra du bleu par le rayon *o* M T continué comme en *a*; le même œil ne recevra pas le rayon *q g r* continué en *y*; mais il recevra un autre rayon qui sera parallele à *q y*, comme *o z*, qui viendra d'une autre goute; & par conséquent il verra du rouge selon la direction *o z*: d'où il s'ensuit que le bleu paroîtra du côté du soleil, & le rouge vers l'extérieur de la couronne. Ainsi

Ainsi s'il y a deux goutes d'eau comme *a* & *b*, en la figure 40e, de chacune desquelles il sorte deux rayons disposés de même que les rayons *r q* & T*o*, & que leurs foyers ou intersections soient dans les points *e* & *f*; l'œil étant en *m* ne recevra point les rayons *e g* & *f n*; mais il recevra le rayon bleu *e m* & le rayon rouge *f m*, lequel rayon *f m* est extérieur au rayon *e m* à l'égard du corps lumineux qui le produit. TAB. XII. Fig. 40.

On expliquera de même les petites couronnes qui paroissent autour de la flamme d'une chandelle, lorsqu'on la regarde à travers quelques vapeurs épaisses qui sortent d'une eau chaude.

A l'égard des petites couronnes qui ont deux rangs de couleurs, on peut croire qu'elles sont produites par de petites parcelles plattes de neige qui sont dans les nuées, lesquelles commençant à se fondre prennent des figures un peu convexes vers leurs extrémitez, qui deviennent fort transparentes, & par cette raison elles laissent passer facilement les rayons; & à cause de leurs convexitez, elles ont des foyers où les rayons s'entrecoupent & font un semblable effet à l'égard de l'ordre des couleurs que les petites goutes d'eau, mais les couleurs en sont plus belles.

J'observai un soir la lune environnée d'une de ces couronnes à deux rangs: les couleurs en étoient belles & distinctes: l'air étoit assez serein, & il n'y avoit aucune grosse nuée, mais seulement une vapeur blancheâtre uniforme où se faisoit la couronne.

Je jugeai qu'elle procédoit de quelques parcelles plattes de neige fort légéres, dont les extrémitez transparentes avoient une convexité irréguliére, & par ce moïen il se faisoit deux rangs de couleurs qui étoient contigus & non mêlés comme dans l'Arc-en-ciel intérieur, où le violet du premier rang & le rouge du second se mêlent à cause de l'uniformité de la courbure sphérique des goutes d'eau, qui sépare moins les rayons qu'une courbure elliptique ou parabolique, &c. Cette couronne avoit environ cinq degrez de diamétre, & la largeur des deux rangs de couleurs depuis le jaune intérieur jusques au rouge du rang extérieur, étoit d'environ deux degrez: je fis remarquer cette couronne à plusieurs personnes; car elle dura plus d'une heure.

Les parcelles transparentes de neige ont souvent des figures différentes, & alors il y a de la confusion dans l'ordre des couleurs. J'ai vû quelquefois des nuées plus hautes de huit ou dix degrez que le soleil, faire paroître de ces couleurs confuses; mais ordinairement quand les nuées sont épaisses & séparées, on voit deux rangs de couleurs, & rarement trois, vers leurs extrémitez, lorsqu'elles ne sont distantes que de deux ou trois degrez du soleil, ou quand le soleil étant caché dans le milieu de la nuée, sa lumiére passe à travers les bords, qui sont moins épais.

Pour bien distinguer ces deux rangs de couleurs, il faut en regardant les nuées, s'empêcher de voir le soleil, & faire promptement l'obser-

va-

vation : car si on regarde long-tems des nuées fort éclairées, les yeux s'éblouissent, & on peut voir des couleurs qui procédent des impressions que la lumiére trop forte a laissées dans les yeux, qui empêchent de discerner les autres. De-là vient qu'on voit plus aisément les couleurs des petites couronnes dans l'eau par réflexion ; ce qu'Aristote a remarqué dans ses livres des *Météores*,

DOUZIÈME APPARENCE.

Les grandes Couronnes.

On voit quelquefois pendant que l'air est assez serein, une grande Couronne d'environ quarante-cinq degrez de diamétre autour du Soleil ou de la Lune.

Les couleurs n'en sont pas ordinairement bien vives ; le bleu est en dehors & le rouge en dedans ; la largeur des couleurs est à peu près comme celle des couleurs de l'Arc-en-ciel extérieur.

EXPLICATION.

Je prens pour la cause de cette Apparence de petits filamens de neige médiocrement transparens, qui ont la figure d'un prisme triangulaire équilatéral.

Mes conjectures sont 1°. Quelles petites neiges plattes qui tombent pendant un grand froid, & qui ont des figures d'étoiles, sont composées de petits filamens semblables à des prismes équilatéraux, particuliérement celles qui sont faites comme des feuilles de fougére, représentées par la figure 41e ; ce qu'on voit aisément par le microscope.

J'ai souvent regardé les filamens qui composent la gelée blanche, qui paroît comme de petits arbres sur les herbes dans les matinées froides du Printems & de l'Autonne, & je les ai trouvé taillés à trois facettes égales, & les regardant au soleil, ils me faisoient voir des couleurs d'Arc-en-ciel.

Or il est vrai-semblable, qu'avant que ces petites figures d'arbres ou de petites étoiles de neige soient formées, il vole dans l'air parmi quelques vapeurs peu épaisses, plusieurs de ces prismes séparés, qui en se joignant forment ces petites figures d'arbres ou d'étoiles. Ces petites étoiles sont très-minces & très-légéres ; & les petits filamens, qui les composent, le sont encore plus, & peuvent être soûtenus par les vents fort long-tems en l'air : d'où il doit arriver que si l'air en est médiocrement rempli, en sorte qu'il n'en soit pas beaucoup obscurci, il y aura plusieurs de ces filamens, soit qu'ils soient séparés, soit qu'ils aient déja formé les petites étoiles, qui se tournant en tous sens par les différens mouvemens de l'air, seront disposés à faire passer vers nos

yeux pendant quelque tems, une lumière rompue colorée, semblable à peu près à celle que feroient paroître des prismes équilatéraux de verre.

2°. Que le rouge des couronnes est du côté de l'astre qui les produit; ce qui suit nécessairement de la figure de ces prismes, comme il sera démontré ensuite.

3°. Que les angles que doivent faire des prismes équilatéraux de glace, avec les rayons du centre du soleil, sont à peu près égaux à ceux sous lesquels on voit ces grandes couronnes.

Ma méthode pour calculer ces angles est dans la table suivante.

A B C, dans la figure 42e, représente un prisme équilatéral de glace. TAB. XII. Fig. 42.
Je suppose que DE continuée directement en *a b*, est un rayon du centre du soleil faisant l'angle DEA de 48^d. FE *g* est une ligne perpendiculaire à AB; EM est le premier rayon rompu, & M*b* le deuxième; EMN est une ligne droite; ML est parallele à DE *a b*; TM est perpendiculaire à BC.

SIXIÈME TABLE.

	DEA	48^d.	
	FED	42.	
	*g*EM	30.	8'.
	BEM	59.	52.
Angles	BME	60.	8.
	CMN	60.	8.
	TMN	29.	52.
	TM*b*	41.	36.
	CM*b*	48.	24.
	*a*EB	48.	
	B*a*E	72.	
	C*ab* ou CML	72.	
	*b*ML	23.	36.

Ce dernier angle fait connoître celui que le rayon rompu M*b* fait avec le rayon qui du centre du soleil tend à l'œil en *b*; mais il en faut ôter 16', pour le demi diamétre du soleil, & 30' pour l'écart du rouge, & il restera 22^d, 50' pour l'angle sous lequel paroît l'extrémité du rouge de ces couronnes à l'égard du centre du soleil.

J'ai calculé plusieurs autres rayons de différentes incidences pour trouver les angles *b* ML qui leur conviennent.

On peut voir dans la septième table ceux qui sont les plus nécessaires.

SEPTIÈME TABLE.

Angles AED	Ang.	bML
70d.	30d.	55'.
69	29	56
65	27	6
64	26	36
60	25	7
59	24	52
55	24	4
50	23	30
49	23	37
48	23	36
47	23	38
45	23	42
40	24	12
36	24	54
35	25	6
30	26	26
29	26	45
21	29	51
20	30	26

On voit par cette table que la lumière comprise entre les rayons qui font les angles AED de 70d, & de 69, n'est pas propre pour contribuer à la production des grandes couronnes, parce que les extrémitez de cette lumière font un écart ou divergence d'environ un degré, & une telle divergence dissipe trop la lumière qui fait les couleurs, & la rend trop foible pour être visible. La lumière comprise entre le 21e. degré & le 20e, dont l'écart est de 35', celle qui est entre le 65e, & le 64e, dont l'écart est 30', font aussi de trop grandes divergences : mais la lumière peut commencer à être assez forte depuis le 60d. degré; car entre ce degré & le 59e, il n'y a que 15' d'écart. Celle qui est comprise entre le 36e, & le 35d, peut aussi être assez forte, puisqu'il n'y a que 12' d'écart.

On prouvera que le rouge doit paroître du côté du soleil en cette sorte:

TAB. XII. Fig. 40. Les petits triangles équilatéraux *cut* & *23d*, dans la figure 40e, représentent deux des petits prismes qui composent les petites étoiles de neige; *ym* est l'extrémité d'un rayon du centre du soleil; l'œil est supposé en *m*. Quelques rayons paralleles à *ym* tombant sur les côtez *ut*, *3d*, font leurs secondes réfractions au-delà des côtez *ct* & *2d*; *o* L, *im*, sont deux de ces rayons; & *qm* & *rh* deux autres. Il est mani-

nifeste par ce qui a été dit en l'explication de la figure 16e, que les rayons rompus *im* & *rh* sont dans la convexité de la courbure, & *ol* & *qm* dans la concavité. Donc l'œil étant en *m* recevra le rayon rouge *im* du prisme *cut*, & le rayon bleu *qm* du prisme 2 3 *d*; mais il ne recevra point les rayons *ol* & *rh*, & par conséquent il verra du rouge du côté du soleil, du centre duquel le rayon *ym* vient à l'œil, & il verra du bleu de l'autre côté.

Le rayon AED du 48e. degré, qui fait le plus petit angle *h* ML, fera l'extérieur du rouge de la couronne par son second rayon rompu M*h*; car il sera dans l'extérieur de la convexité de la coubure à l'égard de tous les autres. Les seconds rayons rompus du 49e. degré & du 47e, pourront aussi contribuer au rouge, parce que leur écart ou divergence avec le 2e. rayon rompu du 48e. n'est que d'une minute. Le reste des couleurs se fera à peu près comme dans l'Arc-en-ciel extérieur.

La foiblesse des couleurs peut être attribuée au peu de transparence de la plûpart de ces petits prismes, & du petit nombre de ceux qui se trouvent bien disposés dans tous les endroits de la circonférence de la couronne pour envoïer à l'œil par réfraction les rayons qui passent à travers.

On pourroit attribuer la production de ces grandes couronnes, aux petites grêles de figure pyramidale, dont les bords sont un peu transparens, & le milieu est comme de la neige, lesquelles on voit assez souvent tomber quand il fait un froid médiocre. Car s'il arrive que leurs surfaces soient inclinées à celle de leur base d'environ 60 degrez, elles pourront faire des effets à peu près semblables à ceux que font les prismes: & ces petites grêles pouvant être fort petites & fort légéres dans leurs commencemens, aussi-bien que les petits prismes, & pouvant aussi être disposées en tous sens à l'égard du soleil ou de la lune; il y en auroit toûjours quelques-unes qui seroient en une situation propre à renvoïer à l'œil des rayons sous un angle d'environ 22d, 30', pour l'extrémité du rouge, & de 24d, 30', pour l'autre extrémité visible.

Je vis un jour trois de ces grandes couronnes paroître l'une après l'autre; chacune d'elles dura fort peu de tems; & il tomba ce jour-là plusieurs fois de ces petites grêles taillées en pyramides.

On pourroit encore supposer qu'il y a dans l'air quelques autres météores qui peuvent former ces couronnes, sçavoir, de petites parcelles de salpêtre ou de quelques autres sels taillés en pyramides ou en prismes, ou même quelques matières semblables à celles qu'on voit tomber en grands filamens blancs pendant l'Autonne, quand, après quelques pluies, il fait beau tems deux ou trois jours de suite: car ces filamens font des couleurs d'Arc-en-ciel étant exposés au soleil; & lorsqu'ils sont encore en parcelles fort petites, & imperceptibles, ils peuvent avoir des figures propres à faire paroître les grandes couronnes. Je me sers de l'hypothèse des petits prismes triangulaires plûtôt que d'aucune

cune autre, parce qu'elle me paroît très-vrai-semblable.

TREIZIÈME APPARENCE.

Les Parélies ou faux Soleils.

LEs Parélies ou faux Soleils sont des lumières fort vives qui paroissent quelquefois à côté du Soleil. Ceux qui sont les plus ordinaires, se voïent en même tems que les grandes couronnes, & sont placés dans la même circonférence deçà & delà du Soleil. Ils ont autant de degrez d'élévation que le Soleil, & ils ont des couleurs à peu près semblables à celles de l'arc-en-ciel. Leur figure est ovale, & le diamétre selon l'ordre des couleurs est environ deux fois plus grand que l'autre; le rouge & le jaune sont du côté du Soleil, & le bleu & le violet de l'autre côté; on voit rarement le violet.

EXPLICATION.

PArmi les petits prismes équilatéraux qui font les grandes couronnes, il y en a souvent beaucoup qui ont une de leurs extrémitez plus légére que l'autre, & par cette raison ils doivent être en une situation perpendiculaire. Ces petits prismes, étant à la hauteur du soleil & à 23 degrez de distance à peu près, doivent faire paroître des couleurs semblables à celle que font paroître les prismes équilatéraux de verre; le rouge doit être tourné du côté du soleil, par les mêmes raisons qui ont été dites à l'égard des grandes couronnes; & le bleu, de l'autre côté.

Les couleurs des parélies sont plus belles que celles des grandes couronnes, parce qu'il y a plus de petits prismes à proportion, qui sont en une situation perpendiculaire, & qu'ils peuvent être mieux formés, & plus transparens vers leur extrémité la plus pesante. On a de la peine à voir le violet, parce qu'étant plus foible que les autres couleurs, il se dissipe trop à une grande distance.

On ne voit qu'un seul parélie quand les couronnes ne sont pas entières; & cela arrive quand les vapeurs où sont les petits prismes, ne sont que d'un côté du soleil.

On voit souvent des couronnes entières sans parélies, parce qu'il y a peu de petits prismes qui soient alors disposés à se tenir en une situation perpendiculaire, ou que le soleil est trop élevé.

On voit aussi des parélies sans couronnes.

J'observai un jour pendant l'Autonne, une nuée élevée de 15 ou 16 degrez sur l'horison, le soleil étant à cette hauteur. Elle étoit large, selon sa situation verticale, de 8 ou 10 degrez; & longue de plus de 50 degrez selon sa situation horisontale, qui étoit à peu près parallele à la ligne du midi. Le soleil paroissoit à travers le milieu de cette nuée; mais on ne distinguoit pas sa figure, & il étoit environné d'une

ne petite couronne d'environ un degré & demi de diamétre. Je vis deux parélies ou faux soleils vers les extrémitez de la nuée avec des couleurs fort vives, & qui avoient autant ou plus d'éclat, principalament le verd, que le véritable soleil. Il ne paroissoit point de grande couronne, parce que l'air étoit très-pur au-dessus & au-dessous de la nuée, qui devoit être composée en partie de ces petits prismes perpendiculaires.

Ces faux soleils durérent jusques à ce que le soleil fut élevé au-dessus de la nuée.

On voit souvent à côté des parélies colorés, une queuë assez longue, d'une blancheur fort éclatante, & dans une situation à peu près horisontale.

J'observai un jour pendant le Printems, environ sur les trois heures après midi, des nuées élevées au-dessus du soleil, mais un peu à côté; elles étoient fort proches l'une de l'autre, & la plûpart se touchoient; (on dit vulgairement quand on voit de ces sortes de nuées, que le tems est pommelé.) Il paroissoit dans ces nuées des couleurs d'Arc-en-ciel sans ordre; ce qui devoit procéder apparemment de plusieurs petites parcelles de neige de diverses figures irrégulières : mais il tomboit de ces nuées élevées une petite nuée blancheâtre, dans laquelle paroissoit environ la moitié d'une grande couronne avec d'assez belles couleurs, & un seul parélie fort éclatant, aiant une longue queuë d'une blancheur très-vive; cette queuë s'étendoit presque horisontalement à plus de 30^{d}. au-delà du parélie. Je jugeai que cette nuée peu condensée, qui étoit comme un écoulement des nuées supérieures, étoit composée de plusieurs de ces petits prismes qui peuvent se tourner en tous sens, lesquels étant plus pesans que les autres parcelles des nuées élevées, n'avoient pû être soûtenus à la même hauteur; ceux qui étoient en une situation perpendiculaire formoient le parélie coloré selon la manière qui a été expliquée.

Voici comme j'explique la longue queuë:

Les mêmes petits prismes qui font les parélies, & que je considére ici comme des prismes réguliers, pour la facilité de l'explication, demeurent toûjours dans une situation perpendiculaire; mais ils sont tournés en plusieurs sens autour de leur axe, qui est la ligne qui joint les centres de leurs bases: d'où il s'ensuit, qu'il y en a plusieurs qui tournent une de leurs faces, directement au soleil, ou à peu près, quand il n'est pas beaucoup élevé.

Considérez la figure 43e, & supposez qu'elle représente la section d'un de ces prismes située horisontalement.

Il a été dit dans l'explication de la figure 24e, que la lumière du soleil tombant directement sur la surface AB entre T & A, passe sans se rompre sur AC en *ef*, d'où elle se réfléchit entièrement sur BC, & passe au-delà sans se rompre & sans faire paroître aucunes couleurs en IL.

Cette lumière, après avoir passé au travers du prisme en cette manière, doit être aussi forte que celle qui se réfléchit sur les miroirs ordinaires où il y a du vif-argent; car il s'y fait de même une réflexion entière, & deux foibles réflexions en passant de l'air dans le verre & en repassant du verre dans l'air.

TAB. XII. Fig. 43. On peut donc tirer la même conséquence à l'égard des petits prismes de glace situés perpendiculairement: car A B C, en la figure 43e, étant la section d'un de ces prismes, l'œil étant en L à une distance assez grande, & recevant la lumière du rayon *d e μ* qui passe à travers A B, & ensuite à travers A C, sans se rompre, parce que *d e μ* est perpendiculaire à A B; il doit voir un grand éclat de blancheur vers le point *μ*, où le rayon se réfléchit entièrement; & cette blancheur sera vûe à 60 degrez du soleil; ce qui se prouve ainsi:

A L, parallele à T C, est un rayon qui vient du centre du soleil: l'angle L A O est donc de 30^d; & L O A étant un angle droit, l'angle A L O sera de 60^d.

Si l'angle D E B est de 80 degrez, son rayon rompu E M tombera au-dessous du point *g*, où tombe F E *g* parallele à T C; & il se réfléchira entièrement par la troisième Supposition, puisque l'angle E M B sera moindre que l'angle F *g* B qui est de 30 degrez; & repassant à travers A C, il fera une réfraction en *o h* contraire à la première, si le rayon est considéré comme solide; & par conséquent il sera vû sans couleurs, par le septième Principe; mais l'écart de sa blancheur sera un peu moindre que celle qui vient du rayon *d e μ*, parce que l'incidence D E étant oblique, il se réfléchit plus de lumière aux points E & *o*, que quand l'incidence est perpendiculaire.

On connoîtra aisément à quelle distance du soleil sera vûe la blancheur du rayon *o h*, qui vient du rayon D E, & celle de tous les autres rayons, dont les premiers rayons rompus auront fait une réflexion de B C sur A C: car les angles d'incidence, & de réflexion au point M étant égaux, l'incidence du rayon M *o* sur A C sera égale à l'incidence réciproque du rayon M E sur A B. Donc le rayon rompu *o h* fera l'angle C *o h* égal à l'angle D E B; mais le rayon D E étant continué directement en *a b*, & coupant A C en *a*, l'angle A *a* E ou C *a b* sera toûjours le complément de l'angle D E B, ou A E *a* jusques à 120 degrez.

Si donc D E B est de 76 degrez, C *a b* sera de 44 degrez; & C *o h* étant de 76 degrez, comme il a été prouvé, *o h* & *a b* continuées se rencontreront: & l'angle *a b o* fera connoître que l'œil étant en *h* il verra le centre du soleil par le rayon visuel *h a*, & l'éclat de la blancheur par le rayon visuel *h o*; & que l'angle compris de ces deux rayons sera de 32 degrez, différence de l'angle C *o h* de 76^d, & de *h a o* de 44^d.

Il est manifeste par le calcul, que si l'angle D E B est de 48^d. 11′, le premier rayon rompu E M, qui sera alors paralelle à B C, tombera sur A C, & fera des couleurs en sa seconde réfraction; & que les autres

tres rayons qui feront l'angle DEB au-dessus de 49 degrez, pourront tomber en leur premier réfraction sur BC continuée s'il est besoin. Mais, afin que leurs premiers rayons rompus puissent tomber entre B & C, il est nécessaire que le point E soit très-proche du point B, car autrement ces rayons rompus tomberoient sur A C, & ne feroient point paroître de blancheur. D'où je conclus, que si l'angle DEB est de 65 degrez, on ne pourra voir sa blancheur: car son premier rayon rompu EM fera l'angle *g* EM de 18^d, 29'; & par conséquent BEM sera de 108^d, 29', & EMB de 11^d, 31'. Or si l'on suppose que les petits prismes de glace aiant une ligne de largeur en chacune de leurs surfaces, & que la ligne EM soit de $\frac{3}{4}$ de ligne; on trouvera par le calcul que EB ne sera que d'environ $\frac{1}{6}$ de ligne. Et parce que les triangles BME & M*o*C sont semblables, *o*C ne sera que le tiers de EB, c'est-à-dire, qu'environ $\frac{1}{18}$ de ligne. Mais j'ai souvent remarqué que le extrémitez de ces petits prismes étoient un peu neigeuses & obtuses. D'où il s'ensuit, que depuis le rayon qui fait l'angle EDB de 60^d, jusques à celui qui le fait de 70 degrez, il n'y en a aucun qui puisse faire paroître un éclat de blancheur à l'œil situé au-delà de AC, parce que leurs rayons rompus & réfléchis s'embarassent dans ces extrémitez irrégulières, & s'il arrive qu'on voïe quelquefois de la blancheur par ces rayons, il faut que les prismes soient alors très-réguliers.

Quand DEB est de 60 degrez, son second rayon rompu est parallele au rayon DE *ab*, parce que l'angle C*ob* est de 60^d, aussi-bien que l'angle C*ab*; & ainsi sa blancheur ne pourroit être vûe que selon les rayons qui viendroient du soleil, qui la rendroient invisible.

Depuis le 60e. degré jusques au 48e, 11', les seconds rayons rompus font les angles C*ob* plus petits que les angles C*ab*. D'où il s'ensuit, que l'œil étant dans la ligne *ab*, il ne recevra point le rayon *ob*.

Si GT est le rayon d'incidence, & que l'angle GTA soit de 74^d, 43', la première réfraction en T*m* fera l'angle T*m*B de 41^d, 24', lequel par la 3e. Supposition sera à peu près le plus grand de tous ceux qui feront réfléchir entièrement la lumière; & par cette raison le second rayon rompu fera voir de la blancheur, mais un peu moins forte que celle qui vient du rayon *de*, à cause que l'incidence GT est oblique.

On trouvera l'angle de la distance de cette blancheur jusques au soleil, en tirant la ligne Aλ parallele à GT jusques à ce qu'elle rencontre le second rayon rompu de GT: car à cause de la similitude des triangles T*m*B & ωmC, l'angle A$\omega\lambda$ sera de 74^d, 43'; & parce que LAλ est de 15^d, 17', aussi-bien que GTδ, l'angle ωAλ sera de 15^d, 43', différence de 30^d, & de 15^d, 17'. D'où il s'ensuit, que l'angle A$\lambda\omega$, sous lequel on verra la distance entre le soleil & la blancheur du rayon $\lambda\omega$, sera de 90^d, 34'.

Par les mêmes raisons, l'angle GTA étant de 75 degrez, l'angle A$\omega\lambda$ sera aussi de 75 degrez, & l'angle λAω de 15 degrez. Donc l'ange A$\lambda\omega$ sera de 90 degrez. Si

Si G T A eſt de 80^d, l'angle A ω λ ſera de 80^d, & ω A λ de 20^d; & par conſéquent A λ ω ſera de 80^d; & plus l'angle G T A approchera de 90^d, plus l'angle ω λ A diminuera.

Tous les autres rayons qui feront G T A moindre que 74^d, 43', feront l'angle T m B plus grand que 41^d, 24'. D'où il arrivera qu'une bonne partie de la lumière paſſera au-delà de B C par réfraction, & qu'il s'en réfléchira auſſi beaucoup par les obliquitez des incidences; ce qui rendra le rayon ω λ très-foible, & fera que ſa blancheur ne paroîtra que très-rarement.

Il réſulte de tous ces raiſonnemens, que la queuë blanche d'un parélie ne doit commencer à être bien viſible, qu'à environ 20 degrez de diſtance du ſoleil, & qu'elle ne doit s'étendre que fort peu au-delà du 90e degré; & par ce moïen elle ne peut avoir qu'environ 70 degrez d'étenduë; mais ordinairement elle en aura beaucoup moins, & ne paſſera pas trente ou quarante degrez, parceque les petits priſmes s'étendent rarement aſſez loin à côté des ſpectateurs pour faire une queuë plus longue.

On ne doit point croire que cette apparence de blancheur procéde des réflexions qui ſe font ſur les ſurfaces, qui ſont tournées du côté du ſoleil, ſoit des petits priſmes, ſoit de quelques autres météores: car ces réfléxions renvoïent une lumière trop foible, particulièrement quand les rayons tombent directement ou peu obliquement.

On en peut voir l'expérience, ſi on tient à la main une chandelle allumée, & qu'on la regarde dans un grand miroir dont la glace ſoit fort épaiſſe: car la flamme de la chandelle qu'on verra par la réflexion ſur le vif-argent qui eſt au-delà de la glace, eſt ſans comparaiſon plus éclatante que celle qu'on voit par la réflexion qui ſe fait ſur la première ſurface du verre. Et ſi on ſe place entre deux chandelles allumées qui ſoient à peu près à même hauteur, & comme aux points d & p de la figure 43e; celle qui ſera au point p, & qui réfléchira ſa lumière ſur la ſurface A C de $p\,y$ en y L, vers l'œil en L, paroîtra beaucoup moins éclatante par ce rayon y L, que l'autre par le rayon O L, qui viendra par réflexion de $d\,e\,\mu$ en μ O L.

Pour bien faire cette expérience, il faut que l'œil, qu'on ſuppoſe être au point L, ſoit à la même hauteur que les flammes des chandelles; que le priſme ſoit ſitué perpendiculairement; & que les rayons viſuels qui vont aux points d & p, comprennent à peu près un angle droit.

Quand le ſoleil eſt fort élevé les parélies paroiſſent un peu au dehors de la couronne.

J'ai lû dans une rélation, qu'une grande couronne aiant paru un peu après le lever du ſoleil au mois de Mai, les parélies étoient dans la circonférence de la couronne; mais que deux ou trois heures après ils en parurent ſéparés à plus d'un degré de diſtance.

Cette apparence procéde de ce que le ſoleil étant proche de l'horiſon, les ſections des petits priſmes perpendiculaires, où ſe font les réfrac-

fractions, sont à peu près horisontales: au lieu que quand le soleil est élevé de 25 ou 30 degrez, les incidences sur ces prismes sont plus obliques; & par conséquent les réfractions se font plus grandes, & jettent les parélies en dehors.

On verra un semblable effet, si on place deux chandelles allumées en sorte que l'une soit à trois ou quatre pieds de distance de l'autre, & directement au-dessus: car si on tient l'œil à la hauteur de la chandelle la plus basse, & qu'on les regarde à travers un prisme de verre situé perpendiculairement, & tourné de manière qu'on voïe les flammes des chandelles avec des couleurs; celle d'en-haut, qui représentera le soleil quand il est fort élevé, paroîtra beaucoup à côté de l'inférieure, qui représente le soleil proche l'horison.

La longueur des parélies n'est que de deux degrez & quelques minutes. La différence des angles *h*ML du 60e. & du 48e. degré qui est d'un degré 31′, fait une partie de cette longueur; le reste procéde de l'écart du rouge & du bleu. Si on voïoit le violet, le parélie pourroit s'étendre à deux degrez & demi selon l'ordre des couleurs. TAB. XII. Fig. 42.

Ce qui doit faire la plus grande difficulté dans les explications des grandes couronnes & des parélies, est que je suppose que chacune de ces apparences est produite par des prismes de semblable figure, & cependant les couleurs des couronnes sont peu vives, & celles des parélies ont beaucoup d'éclat. Mais on pourra se satisfaire là-dessus, si l'on considére que les Arcs-en-ciel qui se font dans les brouillards, n'ont que de la blancheur, & que ceux qui se forment dans les goutes des pluies, ont des couleurs fort belles, particuliérement quand les goutes sont fort grosses: car en tirant les mêmes conséquences à l'égard des prismes de neige glacée, on jugera aisément que ceux qui sont les plus petits & qui par leur légéreté sont tournés facilement en tous sens par les moindres mouvemens de l'air, doivent faire des couleurs fort foibles, à cause de la petitesse de l'espace transparent qui est entre leurs bords neigeux; au lieu que ceux qui font les parélies, étant plus grands & mieux formés, doivent faire des couleurs très-vives.

C'est par la même raison que les grandes couronnes durent ordinairement plus long-tems que les parélies; car leurs petits prismes étant plus légers, ils se soûtiennent plus long-tems en l'air.

Il y a des Auteurs & des rélations qui assûrent, qu'on a vû des faux soleils sans couleurs au-dessus ou au-dessous du véritable; qu'il y en avoit quelques autres qu'on voïoit en tournant le dos aux faux soleils colorés, & qu'ils paroissoient tous en même tems dans un grand cercle horisontal tout blanc.

Je n'entreprens point d'expliquer ici ces apparences, parce que je n'en ai jamais vû de semblables, & que je n'ai point de certitude des circonstances qui les accompagnent.

TRAITÉ DES COULEURS.

SECONDE PARTIE.

DES COULEURS QUI PAROISSENT A TRAVERS L'AIR PUR SUR LES CORPS LUMINEUX ET ILLUMINE'S.



Es couleurs ſont appellées fixes & permanentes, pour les diſtinguer de celles qui ſe produiſent par le paſſage de la lumière à travers les corps tranſparens ſans couleur.

Il y en a cinq principales; le blanc, le noir, le rouge, le jaune, & le bleu: toutes les autres ſe peuvent faire par le mêlange de quelques-unes de celles-ci; le jaune & le bleu mêlés enſemble font du verd; le rouge & le bleu font du violet.

Il y a des corps lumineux de différentes couleurs; le ſoleil eſt blanc, de même que la plûpart des étoiles fixes: il y en a quelques-unes qui ont beaucoup de rougeur, comme l'œil du taureau, & le cœur du ſcorpion: il y en a auſſi de jaunes & de bleues. Quand on regarde le ſoleil à travers un air très-pur, il éblouït & on ne peut diſcerner ſa blancheur: mais ſi on fait réfléchir ſa lumière avec une glace de verre fort polie & ſans couleur ſur de l'eau claire, & que cette lumière ſe réfléchiſſe encore de la ſurface de l'eau vers les yeux, on verra deux ſoleils très-blancs; il en paroît deux à cauſe que chaque ſurface du verre fait ſa reflexion à part. Cette lumière ſe voit ſans peine, parce que la plûpart des rayons paſſent à travers le verre, & qu'une bonne partie de ceux qui s'y réfléchiſſent, entrent dans l'eau.

On peut remarquer auſſi la blancheur du ſoleil, quand on le regarde au travers de certains brouillards médiocrement épais.

La flamme du ſoufre & celle de l'eſprit de vin ſont bleues. Le bois pourri, les vers luiſans, les écailles de quelques poiſſons de mer, jettent des lumières qui tirent auſſi ſur le bleu.

La flamme du bois eſt de différentes couleurs, on y voit du blanc, du jaune, du rouge, & du bleu.

Les corps qui ne ſont pas lumineux, n'ont point de couleurs, à parler proprement: car puiſqu'elles ne conſiſtent que dans les impreſſions que la lumière modifiée fait ſur les organes de la viſion, il eſt manifeſte que ce qui n'a point de lumière, ne peut faire de ſoi-même aucune impreſſion de couleur. Il eſt vrai que ces corps, par les diſpoſitions & les ſtructures intimes de quelques-unes de leurs parties, donnent des modifications à la lumière qui les éclaire, & par cette raiſon on peut dire qu'ils produiſent les couleurs qu'ils ſont paroître. Ainſi, quand on dit qu'une roſe eſt rouge, on peut entendre qu'elle a quelques diſpoſitions particulières qui peuvent modifier la lumière d'une manière propre à faire paroître de la rougeur.

Les plus belles couleurs fixes paroiſſent ſur les fleurs & ſur les plumes des oiſeaux: l'art les imite aſſez bien dans les teintures des étoffes, par le mêlange de diverſes drogues dont quelques-unes ſont claires & tranſparentes comme de l'eau pure. On voit auſſi de très-belles couleurs dans la plûpart des pierres précieuſes & dans quelques minéraux.

Quelques-unes des couleurs qui paroiſſent ſur les ſurfaces des corps illuminés, ſe font par des réfractions: celles-là ſont changeantes ſelon les différentes poſitions des yeux, comme on peut le remarquer dans les opales, & dans la nacre de perles, où un même endroit paroît ſucceſſivement rouge ou verd, ſelon qu'il eſt regardé plus ou moins obliquement.

Il ſe fait encore très-ſouvent des apparences de couleurs par les impreſſions dont nos yeux ſont prévenus, leſquelles ſe confondant avec celles des objets preſens, font paroître leurs couleurs d'une autre manière qu'elles ne paroîtroient.

Pour expliquer avec ordre toutes ces différences, je diviſerai cette ſeconde Partie en quatre Diſcours.

Dans le premier je parlerai des couleurs qui paroiſſent ſur les corps lumineux.

Dans le ſecond j'expliquerai celles qui procédent de quelques réfractions que la lumière ſouffre, quand elle pénétre un peu les premières ſurfaces de quelques corps, & qu'elle ſe réfléchit enſuite vers nos yeux.

Dans le troiſième je traiterai des couleurs qui paroiſſent toûjours les mêmes à peu près, ſoit qu'on les regarde directement ou obliquement, comme ſont celles qui paroiſſent ſur les fleurs, ſur les Etoffes, dans les verres colorés, &c. J'appellerai ces couleurs fixes & permanentes, pour les diſtinguer des autres.

Le quatrième contiendra les raiſons de pluſieurs apparences cauſées par les éblouïſſemens, ou par quelques autres modifications des organes de la viſion, qui font changer les apparences ordinaires de couleurs.

PREMIER DISCOURS,

DES COULEURS QUI PAROISSENT DANS LES CORPS LUMINEUX.

LA lumière vive & forte des corps lumineux les fait toûjours paroître blancs. On en voit l'expérience dans la lumière du soleil, qui s'est teinte de quelques couleurs en passant par des vitres colorées: car si on reçoit cette lumière sur un verre convexe dont le foyer soit de 8 ou 10 pouces, elle paroîtra colorée deçà & delà du foyer; mais dans le foyer, où elle sera forte & réunie, elle paroîtra toute blanche; & si on met un papier noirci dans le foyer d'un petit miroir brûlant, l'endroit où la lumière du soleil sera réunie, paroîtra blanc, avant que le feu s'y mette.

Le charbon allumé est rouge; mais si on augmente la force de sa lumière en le soufflant, il paroîtra blanc; & il reprendra sa couleur rouge, quand on aura cessé de souffler & que sa lumière s'affoiblira.

La lumière très-forte & blanche passant au travers des fumées du feu & des exhalaisons de la terre, & s'affoiblissant par ce passage, prend une couleur rouge.

La flamme de l'eau de vie, celle du soufre, & la plûpart des autres flammes foibles donnent des lumières bleues.

Quelques Philosophes attribuent ce dernier effet à la discontinuation de la lumière, & ils attribuent au mélange du blanc & du noir, la rougeur que les fumées donnent à la lumière blanche. Je demeure d'accord que la flamme de l'eau de vie & celle du soufre sont discontinuées, & que c'est une condition nécessaire à la lumière pour paroître bleue, d'être discontinuée; car si elle étoit serrée & forte, elle paroîtroit blanche: mais cette condition n'est pas la cause positive de la couleur bleue, comme on peut le juger par les expériences suivantes.

Aïez un petit carré de papier blanc d'environ six lignes de largeur: faites-y plusieurs petits points noirs avec de l'encre, en sorte qu'il y ait à peu près autant de noir que de blanc; ce petit papier étant mis sur du noir, & étant regardé de dix ou douze pieds, paroîtra blanc, & non bleu, quoique la blancheur soit discontinuée. Mettez du vif-argent bien net avec un peu d'eau fort claire sur un carton noir; vous pourrez le réduire en plusieurs petites goutelettes rondes qui se toucheront. Chaque goutelette fera le même effet qu'un petit miroir convexe, & fera paroître comme en un point la lumière du soleil qui s'y réfléchit; mais vous ne verrez aucune réflexion de lumière sensible dans les intervalles qui séparent ces points lumineux; & par conséquent, leur lumière sera fort discontinuée: & cependant, si vous regardez ces goutelettes d'un peu loin, il n'y paroîtra point de bleu, mais elles paroîtront comme

me une blancheur continue, de même qu'il paroît un bleu continu dans la flamme de l'eau de vie, & dans celle du soufre, quoiqu'elles soient beaucoup discontinuées: la première par des vapeurs aqueuses, & l'autre par le mélange de ce qui se réduit par la distillation en une liqueur acide, qu'on appelle l'aigre de soufre. D'ailleurs, la flamme de l'esprit de vin très-rectifié ne paroît pas moins bleue que celle de l'eau de vie, quoiqu'elle soit beaucoup moins discontinuée; d'où il s'ensuit, que la couleur bleue de ces flammes ne procéde pas de la seule discontinuation. Il est encore manifeste que le mélange du blanc & du noir ne produit pas nécessairement une couleur rouge, puisque les Peintres, mêlant du blanc de plomb avec du noir de fumée, font par ce mêlange une peinture qui tire sur le bleu & non sur le rouge. Ma pensée est, qu'il est très-difficile de donner les causes certaines de ces couleurs différentes, & que, suivant ce qui a été établi au commencement de ce Traité, il suffit de dire que les lumières foibles & discontinuées des fumées allumées de l'eau de vie, du soufre, & des autres exhalaisons subtiles & raréfiées, sont disposées à l'égard des organes de la vision, d'une manière propre à faire paroître du bleu; & que les lumières fortes, particulièrement celles des matières solides embrasées, passant au travers de quelques fumées épaisses, y reçoivent une modification propre à faire paroître une couleur rouge: & il est aisé de juger qu'il doit y avoir une différence sensible entre les effets d'une matière grossière & terrestre, & ceux d'une exhalaison légére.

Ces choses étant supposées comme des principes d'expérience, on pourra suffisamment expliquer les différentes couleurs de tous les corps lumineux. En voici quelques exemples:

Le fer, qui est une matière pesante & solide, étant bien embrasé paroît blanc, parce qu'alors toutes ses parties sont lumineuses, & que la lumière en est très-vive; mais en se refroidissant, les parties extérieures qui s'éteignent les premières, obscurcissent, par le mêlange de quelques fumées terrestres non allumées la lumière des intérieures, & la font paroître jaune, puis rouge, & enfin d'un rouge fort obscur quand le fer est sur le point de n'être plus lumineux.

La flamme d'une chandelle est bleue en sa partie la plus basse, par sa propre couleur, & parce qu'il y a peu de matière allumée; le milieu est blanc, à cause que la flamme bleue du dessous se mêle, en s'élevant, avec les autres flammes bleues qui se font plus haut, & les fortifie en sorte qu'elles ont assez de vivacité toutes ensemble pour faire un éclat de blancheur; mais au haut de la flamme, il y a déja des fumées des parties basses qui sont éteintes, lesquelles obscurcissant l'éclat de celles qui sont allumées, les font paroître jaunes ou rouges, selon qu'il y a plus ou moins de leur mêlange. On voit aussi de la blancheur au haut de la flamme de l'esprit de vin très-rectifié, & quelquefois du rouge au haut de celle de l'eau de vie quand il y a quelque mêlange de parties

groffiéres. On expliquera de même les couleurs différentes de la flamme du bois.

Si on jette parmi du fable mouillé une médiocre quantité de mine de fer fondue, il s'en éléve jufques à trois ou quatre pieds de hauteur plufieurs parcelles enflammées, qui paroiffent comme de petites étoiles bleues; & lorfque le fer eft embrafé, il jette des étincelles bleuâtres, & une efpéce de flamme mêlée de blanc & de bleu: ces lumières bleues procédent des fumées du foufre du fer, lefquelles étant allumées font très-fubtiles & très-raréfiées.

Par les mêmes raifons la flamme du cuivre fondu eft bleue, mais ce bleu eft mêlé de violet & de verd. Cette dernière couleur eft particulière au cuivre, & elle vient des mêmes principes, qui font que fa rouille, qu'on appelle du verdet ou du verd de gris, eft d'un verd tirant fur le bleu. On voit auffi cette couleur verte dans les vieilles médailles qu'on trouve dans de la terre humide.

Les petits charbons qui font au milieu du feu, étant médiocrement embrafés, paroiffent rouges & jaunâtres, par leur terreftréïté & par le mêlange des fumées qui en fortent: mais quand leur matière inflammable commence à s'ufer, & qu'ils fe couvrent de cendre, la dernière parcelle qui demeure en feu, paroît très-blanche, & éclatante un moment avant qu'elle s'éteigne, parce qu'alors il n'y refte plus aucune fumée qui puiffe obfcurcir fa lumière & la faire paroître rouge. Par les mêmes raifons, les étincelles qui fortent du charbon allumé, font rouges au commencement, & prennent un éclat de blancheur fur la fin de leur lumière.

Une tuile étant expofée à un miroir brûlant, jufques à ce que l'endroit qui eft au foyer, foit fondu, & étant rétirée enfuite, cet endroit paroît blanc par la force de fa lumière qui vient d'une matière folide & terreftre; mais incontinent après il devient jaune & enfin rouge par l'affoibliffement de fa lumière, & par le mêlange des fumées terreftres & groffières.

Le verre fondu bien embrafé eft blanc, & devenant peu à peu moins chaud, il paroît jaune & enfuite rouge; ces couleurs procédent de fa matière terreftre, & des fumées qui en fortent, quoiqu'elles foient invifibles.

Pour s'affûrer qu'il fort des fumées de ces matières, on pourra faire l'obfervation fuivante:

Les Emailleurs fondent le verre, en faifant paffer le vent d'un petit foufflet à travers la flamme de leur lampe. Ce vent pouffe ou entraîne après foi, comme un petit dard de flamme bleuâtre, qui rencontrant de l'émail de verre ou du fil de fer, les allume d'un feu qui eft rouge au commencement & enfuite blanc. Ce petit dard de flamme paroît encore bleu au-delà de ces matières avant qu'elles foient en feu: mais quand elles font embrafées, la flamme de la lampe qui paffe au-delà, devient

vient jaune & rouge; ce qui ne peut arriver que parce qu'elle emporte de petites particules terrestres, & quelques fumées grossières du verre & du fer quand ils sont en feu. Si l'Emailleur se sert dans sa lampe d'huile de cheval au lieu d'huile de navette, le petit dard de flamme sera jaune & non bleu, à cause de la grossièreté de cette matière huileuse.

Le verdet en poudre mis sur du fer rouge sous du bois allumé, fait paroître des flammes vertes par le mélange de ses fumées avec la flamme du bois qui les allume.

Si vous mettez en un petit paquet ce qu'on retranche des bords d'un chapeau noir pour l'arondir, & que vous jettiez ce paquet dans un assez grand feu; vous verrez au commencement une flamme blanche, & ensuite de très-belles couleurs de bleu, de verd, & de violet, pendant l'espace d'un quart d'heure: la blancheur procéde de la matière de l'étoffe, dont la flamme est assez tôt éteinte: les flammes vertes, bleues, & violettes, qui durent long-tems, viennent du mêlange du verdet avec quelques autres drogues qu'on emploïe pour teindre les chapeaux en noir. Si l'on veut qu'il paroisse beaucoup de verd, il faut mettre le bout d'un tison allumé auprès de la flamme bleue ou violette; car les parcelles du verdet en seront plus fortement allumées, & feront mieux paroître leur beau verd.

Les étoiles qui paroissent rouges ou jaunes, doivent avoir une grande lumière, dont la vivacité est obscurcie par quelques exhalaisons qui s'étendent autour d'elles: celles qui paroissent bleues ont une lumière foible, mais pure & sans mêlange d'exhalaisons.

La lumière du bois pourri & celle des vers luisans paroissent bleues, à cause de la subtilité de quelques exhalaisons de sels volatiles ou de matières sulfurées qui n'ont point de chaleur sensible: il est vrai-semblable que ce n'est point une matière allumée, puisque l'eau ne l'éteint point, qu'elle n'a aucune chaleur sensible, & qu'elle ne se consomme point. Les phosphores artificiels, qui font paroître une lueur bleue étant mis dans de l'eau, peuvent être d'une semblable nature; comme aussi les lumières bleues de l'eau de la mer agitée, & celles qui paroissent dans de certaines parties des chairs de quelques animaux quand elles commencent à se corrompre.

Quand le soleil & la lune se lévent ou se couchent, ils paroissent ordinairement fort rouges. Cette rougeur procéde de ce que leur lumière passe au travers de quantité de fumées terrestres & salpétreuses qui remplissent l'air proche de la terre; ce qu'on croira facilement, si l'on sçait que lorsqu'on distille du salpêtre pour faire de l'eau-forte, les fumées qui montent & qui circulent dans le balon, paroissent très-rouges quand on tient une chandelle allumée au-delà du balon, & qu'on la regarde à travers ces fumées. On voit aussi le soleil rouge, si on le regarde à travers un verre où l'on ait mis une petite épaisseur d'encre ou de noir de fumée.

On

On pourra expliquer de même les couleurs des autres corps lumineux.

Il faut remarquer ici que la lumière & la chaleur du soleil passent avec une égale facilité à travers le verre & les autres corps transparens; ce qu'on peut observer en mettant une glace de verre sur un petit miroir concave de métail exposé au soleil: car, il fera un semblable effet à peu près dans son foyer pour mettre le feu, comme s'il n'y avoit point de verre; & la différence sera seulement d'environ une cinquième partie, qui est à peu près ce que la lumière perd par les réflexions qui se font sur les surfaces du verre en passant & repassant. Mais, il n'en est pas de même de la chaleur du feu & de sa lumière: car sa lumière passe facilement à travers le verre, & sa chaleur n'y passe point, ou bien il y en passe très-peu; vous en pourrez faire l'expérience en cette sorte:

Servez-vous du même petit miroir concave, & le tenez à deux ou trois pieds de distance d'un assez grand feu: faites réfléchir sa lumière sur quelque endroit de votre main, de manière qu'elle s'y réunisse; vous sentirez une chaleur telle que vous ne la pourrez souffrir que très-peu de tems: couvrez ensuite votre miroir avec la même glace qui aura servi pour le soleil, & recevez de même sur votre main la lumière du feu réunie; elle vous paroîtra presque aussi claire que quand le verre n'y est pas, mais vous ne sentirez aucune chaleur: & quand même vous approcheriez le miroir à un pied de distance du feu, il ne fera aucun effet sensible de chaleur, quoique la lumière réunie soit alors plus claire que quand le miroir est éloigné de deux ou trois pieds du feu, le verre étant ôté.

On voit aussi par expérience qu'un grand feu de charbon, dont la couleur est rouge, donne moins de clarté pour lire, qu'une chandelle allumée, quoiqu'il donne plus de chaleur que trente ou quarante chandelles. De-là vient apparemment que la lumière très-subtile du bois pourri & des vers luisans, peut agir sur les yeux, & qu'elle ne fait aucune chaleur à la main, parce que son action n'est pas assez forte pour ébranler les nerfs du toucher.

SECOND DISCOURS,

DES COULEURS CHANGEANTES QUI PAROISSENT SUR LES SURFACES DES CORPS PAR RE'FRACTION.

EXPÉRIENCES.

QUand le verre a demeuré plusieurs années dans de la terre humide, il se couvre d'une petite pellicule qui fait voir des couleurs semblables à celles de l'Arc-en-ciel.

Si

Si on tient une plaque de cuivre aſſez long-tems ſur du feu, il paroît ſur la ſurface ſupérieure une ſemblable variété de couleurs; les petites lames de talc en font auſſi paroître en quelques endroits quand on les regarde en un certain ſens; la pellicule qui ſe fait au-deſſus de l'eau de chaux, fait voir auſſi des couleurs changeantes.

Il y a des Phyſiciens qui attribuent ces effets au peu d'épaiſſeur des pellicules, & qui ſoûtiennent qu'il ſuffit que l'eau, ou l'air, ou le verre, ſoient très-minces pour y voir des couleurs différentes.

Je demeure bien d'accord que c'eſt une condition preſque néceſſaire que quelques-unes de ces matières ſoient peu épaiſſes, parce qu'autrement la lumière ne les pourroit pénétrer une ſeconde fois, ou bien elle y ſouffriroit pluſieurs réfractions contraires qui détruiroient les couleurs: mais tant minces que les corps tranſparens puiſſent être, il n'y paroîtra point de ces couleurs changeantes, ſi leurs ſurfaces ſont paralleles. Dans les endroits où le talc ſe peut fendre aiſément en petites lames dont chacune eſt également épaiſſe par-tout, on n'y voit point de couleurs; & on en voit dans les endroits où elles ſont inégalement épaiſſes, & où l'on a de la peine à les ſéparer.

Pour m'éclaircir ſur cette difficulté, j'ai fait faire au Sieur *Hubin*, Emailleur, des feuilles ou pellicules de verre beaucoup plus minces & déliées qu'aucune feuille de talc: il les faiſoit en ſoufflant de petites bouteilles de verre fondu, juſques à ce qu'elles ſe rompiſſent, & par ce moïen quelques endroits du verre ſe réduiſoient à une épaiſſeur imperceptible. J'ai regardé pluſieurs fois en tous ſens ces petites lames de verre; mais ni moi, ni aucun de ceux à qui je les ai fait voir, n'y ont pû appercevoir d'autres couleurs que celles que les objets colorés y faiſoient voir par la ſimple réflexion. D'où je conclus, que les couleurs changeantes que l'on voit ſur la nacre de perles, ſur le talc, ſur l'eau de chaux, ne procédent pas ſeulement du peu d'épaiſſeur de leurs pellicules, mais de ce que les ſurfaces de ces pellicules ne ſont pas paralleles, ou de ce qu'il y a des parcelles d'air ou d'autres matières liquides mêlées.

Pour m'aſſûrer davantage de la vérité de cette hypothèſe, j'ai conſidéré avec grand ſoin les couleurs qui paroiſſent dans les bouteilles qu'on fait avec de l'eau mêlée de ſavon; car ces couleurs étant très-vives, & ſe changeant en pluſieurs façons, on en peut tirer des conſéquences pour les autres apparences ſemblables.

On ſçait que le ſavon eſt compoſé d'huile & d'une leſſive faite de ces cendres que les *Allemans* appellent *potâches*: on en diſſoud un peu dans un peu d'eau, & on ſouffle les bouteilles avec une paille creuſe d'une manière qui eſt fort connue. J'en ai obſervé pluſieurs avec beaucoup d'exactitude: je ſoufflois ces bouteilles ſur la liqueur-même, contenue dans une petite taſſe de verre d'environ trois pouces de largeur; elles ſe formoient en demi ſphéres, la concavité du verre leur ſervant de

base; je retirois la paille sans qu'elles se rompissent, & je les regardois avec une loupe.

Quand l'eau est peu chargée de savon, il ne paroît au commencement aucunes couleurs dans les bouteilles, parce que la liqueur étant uniformément mêlée, les rayons se réfléchissent sur la surface extérieure & sur l'intérieure, comme si elles étoient d'eau pure ou de verre. Mais peu à peu l'huile & le sel alcali du savon font avec l'eau plusieurs mêlanges & plusieurs séparations différentes; ce qui est le plus léger, monte au plus haut de la convexité de la bouteille, & c'est en cet endroit que les couleurs commencent à paroître: il s'y forme souvent plusieurs anneaux ou cercles concentriques, dont chacun a trois ou quatre couleurs différentes, semblables à celles qu'on voit dans l'arc-en-ciel; mais il y a toûjours beaucoup plus de verd & de rouge que des autres couleurs. J'attribue ces rangs de couleurs à une liqueur grasse & légére, qui s'éléve au haut de la bouteille, & y fait des rides & des plis semblables à ceux qu'on voit dans les petites pellicules qui se font au haut de quelques liqueurs, lorsqu'on les souffle contre les bords du vaisseau qui les contient; on voit aussi de semblables rides au-dessus de l'eau sale qui court par les ruës, aux endroits où elle est un peu retenue; & par conséquent chaque ride de cette liqueur légére qui s'éléve au haut de la bouteille de savon, a une figure convexe qui doit rompre la lumière qui la pénétre, & lui donner des courbures propres à produire des couleurs différentes.

Si on fait ces bouteilles au soleil, on voit se mouvoir en serpentant comme de petites anguilles, plusieurs parcelles de la liqueur légére, qui font un mêlange de couleurs confuses semblables à celles du papier marbré, & ensuite l'on voit les anneaux concentriques. Si les matières qui font les couleurs sont un peu agitées par le vent, elles se poussent l'une l'autre, & les anneaux concentriques se confondent; d'où il arrive qu'on voit alors successivement du rouge & du verd vers le haut de la bouteille: mais s'il ne fait point de vent, on y voit presque toûjours des anneaux concentriques; ceux qui sont les plus proches du centre, sont les plus étroits, parce que la liqueur légére y est plus pressée.

Quelque peu de tems après que la bouteille est faite, on voit parmi les belles couleurs plusieurs petits ronds noirs qui s'agrandissent peu à peu. Ces ronds noirs sont extrêmement transparens, & leur noirceur procéde seulement de ce que la lumière ne s'y réfléchit que très-foiblement; car quand on fait les bouteilles dans une chambre, on voit paroître l'éclat des fenêtres par réflexion sur les belles couleurs; mais on ne voit paroître par réflexion sur ces ronds transparens qu'une très-foible lumière; ce qui fait qu'ils paroissent noirs étant comparés à l'éclat qui les environnent. Leur grande transparence peut procéder de leur peu d'épaisseur, & ils réfléchissent peu de lumière, soit parce que leur matière

tière ne lui résiste pas assez, soit parce que ses parties ne sont pas assez serrées, & qu'elles laissent passer presque toute la lumière par leurs intervalles. Ces ronds noirs, qui sont quelquefois un peu ovales avec des longues queuës, occupent enfin le haut de la bouteille jusques à huit ou dix lignes de largeur, & ils se joignent souvent tous ensemble, de même que de petites goutes d'huile mises sur de l'eau, se joignent pour faire une seule goute.

Lorsqu'il se fait quelque petite bouteille fort colorée à côté de la grande, & qu'elle vient à se rompre, ses couleurs montent au haut de la grande; ce qui fait voir évidemment que la matière de ces couleurs est légére & qu'elle surnage la liqueur aqueuse. La matière des ronds noirs est la plus légére.

Quand on fait des bouteilles entières & qu'elles demeurent attachées à la paille, on est quelque tems sans voir des couleurs par le bas, parce que les matières légéres qui font les rides, montent & s'amassent vers le haut des bouteilles; mais quand elles sont prêtes à se rompre, il paroît beaucoup de ronds noirs auprès de la paille parmi les anneaux concentriques, qui ont alors de très-belles couleurs, d'azur, de jaune, & de rouge de pourpre.

Je faisois quelquefois plusieurs petites demi bouteilles ensemble, qui remplissoient entièrement la tasse où étoit l'eau de savon. Il paroît d'assez belles couleurs dans ces petites bouteilles. Je voïois au haut de quelques-unes, de petits ronds bleus qui devenoient noirs, puis rouges, & enfin noirs; mais ils étoient alors si grands qu'ils occupoient toute la réflexion des fenêtres. Lorsque je soufflois doucement contre cette noirceur, une partie se séparoit, & je voïois dans les intervalles, l'éclat des fenêtres, mais cette matière se rejoignoit aussi-tôt.

Quand j'ouvrois les fenêtres & que je recevois sur ces petites bouteilles la lumière de quelques nuées fort éclairées, je n'appercevois aucune réflexion sur les ronds noirs: il n'y avoit que la lumière du soleil très-pure qui s'y pût faire voir par réflexion, mais elle y paroissoit comme un très-petit point sans aucun éclat, au lieu qu'elle éblouïssoit, quand elle se réfléchissoit sur les belles couleurs.

Ces petites bouteilles durent plus long-tems que les autres: bien souvent sur la fin il n'y paroissoit plus de couleurs, & les ronds noirs occupoient toute la réflexion des fenêtres. D'où l'on peut conjecturer, que la matière qui contribue le plus à faire les couleurs, deviendroit enfin comme celle qui fait les ronds noirs, si les bouteilles duroient assez long-tems: & parce qu'en soufflant contre cette matière transparente, j'en détournois une partie, & que dans les intervalles je voïois l'éclat des fenêtres tout blanc par réflexion; il est manifeste qu'il y avoit encore au-dessous une liqueur aqueuse.

Pour connoître à peu près les causes de toutes ces apparences; considérez la figure 44ᵉ, en laquelle la ligne courbe ponctuée *aib* représen- TAB. XII. Fig. 44.

 te

te une partie de la circonférence concave de la bouteille. Les trois demi ronds E, D, C, représentent trois rides de la partie grasse & légére de l'eau de savon, au travers desquelles la lumière ayant passé, se réfléchit sur la surface concave *aib*, & encore une fois à travers ces rides. *fg*, *hl*, *lm*, sont trois rayons de lumière rompue dans la ride C. *no*, *pq*, *rs*, sont trois autres rayons qui sortent de la ride D. *fg*, *no*, sont dans les convexitez des courbures des rayons; & *lm*, *rs*, dans les concavitez. Donc, par le 3e. Principe, les rayons *fg* & *no* seront rouges, & *l m* & *r s* violets (on suppose que les dernières réfractions ne sont point contraires aux premières:) & parce que les rides sont étroites, il y paroîtra peu de jaune & de bleu, & par cette raison la plus grande partie de la lumière du milieu représentée par les rayons *h l*, *p q*, sera verte, comme le milieu de la lumière qui passe par une petite ouverture dans les prismes de verre, paroît tout verd à une petite distance. On ne voit point ordinairement de violet, parce que le rayon *lm* est arrêté par le haut de la ride D, & le rayon *rs*, par le haut de la ride E. Il peut encore arriver qu'il ne sortira point de rayons violets à cause de la trop grande obliquité de l'incidence, comme il a été expliqué dans la figure 12e.

Pour mieux entendre comme se font les réfractions dans les rides concentriques, & dans les petites parties diversement figurées qui se mettent l'une sur l'autre dans les bouteilles de savon, on pourra faire l'expérience suivante:

Etendez de l'huile sur une pierre platte & polie, & soufflez contre cette huile quand il fait un grand foid; vous y verrez paroître des couleurs. Or, on ne peut douter que les petites vapeurs qui seront alors sur l'huile, ne soient comme celles qui ternissent les miroirs, c'est-à-dire, de petites goutelettes fort convexes, lesquelles la lumière peut pénétrer aisément, & rencontrant l'huile, elle doit s'y réfléchir par la 2e. Supposition, & par conséquent elle fera paroître des couleurs. Si au lieu de souffler contre l'huile vous la mettez avec la pierre dans de l'eau contenue en quelque vaisseau un peu large, il s'élévera au-dessus de l'eau de petites parcelles de l'huile, lesquelles étant mêlées parmi l'eau, & y faisant de petites rides longuettes que vous pourrez aisément remarquer, elles vous feront paroître des couleurs semblables à peu près à celles des bouteilles de savon. De-là vous pourrez connoître que les parcelles très-minces d'eau & d'huile, qui prennent toûjours des figures convexes étant mêlées l'une parmi l'autre dans les bouteilles de savon, doivent causer des réfractions propres à produire des couleurs. Il est aisé de juger que les couleurs doivent être plus belles à la fin de la durée des bouteilles de savon qu'au commencement, puisque l'eau s'évaporant plus facilement que ni l'huile ni les sels, il y a plus de savon à proportion dans la bouteille sur la fin qu'au commencement; & l'on voit par expérience, que quand il y a peu de savon dans l'eau, les couleurs ne paroissent

ſent pas ſi tôt que quand l'eau en eſt fort chargée. On peut croire que les réfractions ſont alors un peu différentes de celles qui ſe font dans les priſmes & dans les goutes d'eau pure, & que par cette raiſon la matiére peut recevoir des modifications propres à faire paroître de plus belles couleurs; ce qui eſt aſſez vrai-ſemblable, puiſque la partie la plus légére qui fait les ronds noirs, fait faire à la lumiére qui tombe deſſus, des réflexions trés-différentes de celles qui ſe font ordinairement ſur l'eau, ſur les ſels, & ſur l'huile.

Ces choſes étant bien conçûes, il ne ſera pas difficile d'expliquer les couleurs changeantes qui paroiſſent par des réfractions ſur les ſurfaces de quelques corps opaques ou tranſparens. En voici quelques exemples.

Aïez deux glaces plattes de verre bien fin, l'une de trois ou quatre pouces de largeur, & l'autre un peu plus grande; frottez-les avec un linge pour les rendre bien nettes, & aprés les avoir jointes enſemble, faites les gliſſer pluſieurs fois l'une ſur l'autre en les preſſant un peu: il paroîtra dans peu de tems entre les deux verres des couleurs trés-belles & fort ſemblables à celles des bouteilles de ſavon; on y voit des anneaux concentriques, où il y a beaucoup de rouge & de verd, & en quelques-uns un peu de jaune & de bleu.

La plûpart des Sçavans croyent que l'air intercepté entre les deux verres produit ces couleurs quand il eſt réduit à une trés-petite épaiſſeur. Mais, il m'a ſemblé aprés en avoir fait pluſieurs expériences, qu'il y avoit auſſi quelque liqueur mêlée: car comme il y a toûjours des vapeurs dans l'air, & quelques exhalaiſons ſulfurées, il s'en engage entre les verres, en les faiſant gliſſer l'un ſur l'autre; ce qu'on reconnoît en ſéparant les verres, quand les couleurs y paroiſſent, car ils réſiſtent à être ſéparés comme s'ils étoient collés par quelque liqueur; & ſi aprés les avoir ſéparés vous les eſſuyez doucement avec du linge, comme pour ôter cette liqueur, & que vous les preſſiez enſuite l'un contre l'autre, vous n'y verrez point de couleurs pendant quelque tems; ce qui n'arrive point quand on les léve, & qu'on les remet auſſi-tôt ſans les eſſuyer, car même ſans les preſſer aucunement ou fort peu, on y voit les mêmes couleurs. Ce ſont donc les vapeurs de l'air, & quelques vapeurs ſalines qui ſortent des verres en les frottant, qui font les rides, ou qui rempliſſent avec quelque mêlange d'air, celles qui peuvent être dans les ſurfaces des verres. Et on en pourra être perſuadé ſi on met un peu d'eau entre les deux verres: car, aprés les avoir frottés l'un contre l'autre en les preſſant, juſques à ce qu'il y paroiſſe des couleurs, ſi on fait entiérement gliſſer celui du deſſus, il reſtera des rides d'eau fort viſibles ſur celui du deſſous, dans leſquelles il paroîtra des couleurs; mais ces rides ſe ſéchant les couleurs diſparoîtront. Vous verrez le même effet avec plus de facilité, ſi vous étendez un peu d'eau ſur l'un des verres, & que vous faſſiez couler du linge

ge dessus, une seule fois, comme pour l'essuïer à demi; car il y demeurera de petites rides d'eau, où il paroîtra des couleurs.

Il y a une apparence assez surprenante dans les couleurs qui paroissent entre ces verres, laquelle on ne peut bien remarquer dans les bouteilles de savon; on ne fait l'observation en cette manière:

Après avoir frotté les deux verres assez long tems contre du linge, & les avoir fait glisser l'un sur l'autre sans les presser, jusques à ce qu'il y paroisse des anneaux concentriques; remarquez vers le centre de ces anneaux la couleur qui y paroîtra en la regardant le plus directement que vous pourrez; haussez un peu les verres, ou vous baissez pour regarder le même endroit plus obliquement, il paroîtra verd, s'il vous a paru rouge; & si vous continuez à hausser les verres peu à peu pour les regarder plus obliquement, vous verrez encore plusieurs fois ce même endroit alternativement rouge & verd. Voici comme j'explique cette apparence:

TAB. XII. Fig. 45. Les deux petits demi cercles *ea* K & *ibn*, dans la figure 45[e], représentent les courbures de deux petites rides contigues entre les deux verres. Je considére ces demi cercles comme des verres taillés à facettes, semblables à celui de la figure 31[e]. Or, si ce verre de la figure 31[e]. avoit les trois surfaces A*r*, *rf*, *fc*, au lieu des deux A*b*, *bc*; on verroit outre les deux apparences de l'objet *af*, en *gh* & *af*, une autre apparence comme en T, entre *af* & *gh*: & si le point *x* étoit un point lumineux, l'œil étant successivement en *gh* & en T, il verroit ce point comme une lumière colorée, ainsi qu'il a été prouvé en la première Partie dans l'explication de la 3[e]. Apparence; & quand même les facettes seroient un peu convexes, elles ne laisseroient pas de faire à peu près les mêmes effets, puisqu'une même goute d'eau A B C, dans la figure 36[e], peut faire voir une lumière rouge, venant d'un même point du soleil, à un œil situé en divers lieux, comme en *δ*, ou en 2, ou en *d*.

Cela étant, soit supposé qu'il y ait trois facettes différentes, *e*, *a*, K, dans le demi cercle *ea* K, desquelles sortent par réfraction les rayons, *e* C verd, *ed* rouge, *ao* verd, *af* rouge, K V verd, K *r* rouge. Concevez aussi qu'il y a trois facettes disposées de même dans le demi cercle *ibn*, desquelles sortent par réfraction les rayons, *ic* verd, *i*D rouge, *bf* verd, *b* F rouge, *nu* verd, *n* R rouge: il est manifeste, que l'œil étant en R *r*, il verra du rouge, & en se baissant en *u*V, il verra du verd; qu'étant en F *f* il verra du rouge, & en *fo* du verd, & qu'en continuant de se baisser, il verra du rouge étant en D *d*, & du verd étant en *c* C; & parce que ces rides sont petites, les couleurs qu'il verra alternativement, lui paroîtront en un même endroit; il ne verra presque point d'autres couleurs que du rouge & du verd, par ce qui a été dit en la figure 44[e]. J'ai observé souvent, que quand le rayon visuel rase à peu près la surface du verre supérieur, on ne voit que du jaune

vers

vers le centre des anneaux concentriques, après qu'on a vû du rouge, l'œil étant un peu plus haut; ce qui procéde de ce que le bleu & le violet ne peuvent sortir en cet endroit à cause de la trop grande obliquité.

On pourra expliquer de même les anneaux colorés qui paroissent quand on commence à séparer un verre convexe du mastic où il avoit été collé pour le travailler: car, soit qu'il n'y ait alors que de l'air très-raréfié & très-mince, & d'inégales épaisseurs entre le mastic & le verre, soit qu'il y ait aussi quelque liqueur sortie du verre & du mastic; il est nécessaire qu'il s'y fasse des réfractions, comme il s'en fait entre les deux verres plats posés l'un sur l'autre.

Celles qui paroissent dans la glace, lorsqu'on y fait des fêlures par quelque coup, viennent à peu près de semblables causes, puisqu'il y doit avoir de l'air très-raréfié & très-mince entre plusieurs surfaces de la glace séparées par le coup. On peut croire aussi qu'il se fait dans la glace brisée de petits prismes irréguliers, propres à faire paroître des couleurs.

Les couleurs changeantes de la nacre de perles procédent des petites ondes ou rides de leurs lames qui sont couchées irrégulièrement les unes sur les autres: on voit distinctement ces rides par le moyen des microscopes.

Les couleurs du talc ont du rapport à celles de la glace brisée, & l'on voit avec le microscope paroître des couleurs dans les endroits où il y a de petites lames diversément inclinées & séparées les unes des autres, comme par des fêlures; ce qu'on discerne aisément par les réflexions, en tournant un peu le microscope pour recevoir la lumière en différentes façons.

Quand on fait des raies avec un couteau sur de l'argent ou sur de l'étain, on y voit des couleurs changeantes: elles procédent de plusieurs petites rides que le couteau fait, lesquelles on voit assez distinctement par le moïen d'un microscope. On voit aussi sur les bords coupés des parties anguleuses, lesquelles, de même que les rides, sont transparentes à cause de leur peu d'épaisseur, & ainsi elles peuvent faire des réfractions comme les prismes de verre, ou comme les petites rides d'eau.

Si l'on râtisse avec un couteau du plomb ou du fer pour les rendre luisants, & qu'on y fasse réfléchir la lumière du soleil; cette lumière réfléchie étant reçûe sur du papier mis en un lieu obscur, y fera paroître plusieurs couleurs à cause de plusieurs petites rides comme des sillons que le couteau y fait: on distingue ces rides avec le microscope, & elles sont rendues transparentes, parce que la crasse & les autres saletez en sont ôtées, & qu'elles sont très-minces.

Je ne parle point ici des couleurs changeantes qu'on voit dans de l'eau où l'on a fait tremper du bois néphrétique, ni de celles qu'on voit dans

dans les plumes du col d'un pigeon, parce qu'elles ne se font pas selon les régles des réfractions.

TROISIÈME DISCOURS,

DES COULEURS FIXES ET PERMANENTES.

CEs couleurs ne se font point par des réfractions comme les couleurs changeantes, mais par le passage direct de la lumière à travers de certains corps, soit en les traversant entièrement, soit en se réfléchissant sur quelques-unes de leurs parties internes après avoir un peu pénétré les superficielles: on peut le prouver par plusieurs expériences.

Quand un rayon solide du soleil passe à travers un verre plat, coloré de rouge ou de bleu, il continue à s'étendre en lignes droites, comme si le verre étoit sans couleur; car, si on le reçoit sur du papier blanc, il fera sa projection de même figure & grandeur que si le verre étoit ôté. Or, si les parties qui font les couleurs étoient comme de petits prismes ou de petits cylindres, ils écarteroient les diverses parties de la lumière qui auroit passé à travers; ce qui est contre l'expérience.

Si on expose au soleil un verre convexe coloré, il réunira ses rayons dans son foyer de même que s'il étoit sans couleur: ajoûtez à cela que le bleu ne peut sortir par réfraction, que le jaune & le rouge ne sortent aussi, puisque leurs réfractions sont moins grandes que celles qui font le bleu; d'où il arriveroit que l'œil changeant un peu de situation, verroit du jaune & du rouge après avoir vû du bleu; ce qu'on ne remarque point, puisqu'on peut se mettre en plusieurs lieux différens, sans qu'un verre bleu ou une étoffe teinte en bleu, fasse paroître d'autres couleurs que du bleu. Que si l'on veut soûtenir qu'il s'y fait des réfractions, il faut croire qu'elles se redressent l'une l'autre, & que toutes ensemble font le même effet sensiblement, que si la lumière passoit selon des lignes droites. A l'égard des verres colorés ou de l'eau colorée, on demeure d'accord qu'il s'y fait des réfractions comme dans l'eau pure ou dans les verres sans couleur; mais ces réfractions sont indépendantes des couleurs réelles: & si on faisoit un prisme d'un verre rouge ou bleu, il ne laisseroit pas de faire des couleurs d'iris; mais elles seroient mêlées de la couleur du verre.

La blancheur est la plus vive de toutes les couleurs, parce qu'elle se fait par une forte réflexion de la lumière sur les surfaces de certains corps; ce qui se prouve par plusieurs raisons & expériences. La lumière du soleil se réfléchissant sur la surface convexe d'une goute d'eau, s'écarte beaucoup plus que quand elle se réfléchit sur une surface platte polie, & l'œil étant placé successivement en plusieurs lieux, verra successivement en plusieurs endroits de cette surface l'image du soleil comme un petit rond tout blanc; cela est facile à démontrer par les régles de

de l'Optique: la même chose arrivera dans un petit miroir convexe. Or, s'il y a plusieurs petits miroirs convexes qui se touchent, on verra en chacun un petit éclat de blancheur; & s'ils sont petits comme des grains de sable, on ne pourra distinguer les petits intervalles obscurs qui seront entre les points blancs, parce que les fibres de la choroïde qui reçoivent ces petits intervalles, sont agitées & ébranlées par celles où tombent les rayons réfléchis qui font paroître les petits ronds de lumière; & par cette raison, ces petits ronds paroissent plus grands qu'ils ne sont, & donnent tous ensemble l'apparence d'une surface blanche continue, si on en est médiocrement éloigné.

On n'y voit point de couleurs, parce que la réflexion sur une surface polie convexe ou concave, ne donne point d'autres modifications à la lumière que de l'écarter ou de la condenser; ce qui est aisé à observer dans la lumière réfléchie par des miroirs sphériques, convexes ou concaves.

De-là il s'ensuit que les vapeurs ou petites parcelles d'eau qui composent les nuées, les petites parcelles de la neige, la poussière de verre & la glace brisée en petites parcelles, doivent faire paroître de loin une blancheur continue. Ceux qui sont sur de hautes montagnes quand le soleil luit, voïent les nuées qui sont au-dessous d'eux entre deux valons, aussi blanches que la neige.

On peut encore juger que le papier & le linge ont une infinité de petites éminences convexes, & que chacune de ces éminences doit faire paroître un petit éclat de blancheur, & toutes ensemble une blancheur continue.

On tirera les mêmes conséquences pour tous les corps qui paroissent blancs.

Le noir est plus opposé à la blancheur que les autres couleurs.

Les corps paroissent noirs quand leurs surfaces ne réfléchissent point de lumière, ou qu'ils en réfléchissent très-peu.

Coupez quelques-unes des lettres majuscules d'une feuille imprimée, en sorte qu'il y ait des ouvertures vuides au lieu des lettres; elles vous paroîtront plus noires que les autres lettres, pourvû qu'il n'y ait rien de blanc qu'on puisse voir à travers ces ouvertures.

Si l'on frotte avec de l'huile une partie des quarrez de papier d'un chassis, ceux qui seront frottés, paroîtront à ceux qui seront dans la chambre, beaucoup plus blancs que les autres, à cause qu'il y entre beaucoup plus de lumière; mais ils paroîtront comme noirs à ceux qui seront dehors, parce qu'il se réfléchira beaucoup moins de lumière sur l'huile que sur les petites éminences du papier, qui font la blancheur. C'est par la même raison que les cuirs blancs, étant frottés d'huile ou de graisse, deviennent noirs.

De-là il s'ensuit que les corps noirs doivent s'échauffer davantage au soleil que les corps blancs, puisqu'il doit entrer plus de chaleur dans

les corps où il entre plus de lumière.

Les fumées terrestres & grossières qui sortent des corps qui brûlent ou qui sont fort échauffés, sont noires, & noircissent les corps où elles s'attachent.

Pour expliquer cet effet, on peut prendre pour hypothèse, que les atomes ou petites parcelles des fumées sont comme de petites pyramides longuettes & fort pointues; ce qu'on peut conjecturer par la douleur que les yeux en souffrent; & par conséquent, un amas de ces petites parcelles doit paroître très-noir, à cause qu'il ne peut renvoïer au dehors par réflexion que très-peu de lumière; ce qui se prouve ainsi:

TAB. XII. Fig. 46. ABC, dans la figure 46e, représente une des parcelles qui composent le noir de fumée. DE est un rayon tombant sur la surface représentée par la ligne AB; il se rompra comme en EF, & parce que son incidence sur AC sera trop oblique, il se réfléchira entièrement en G; l'incidence du rayon FG sur AB sera encore trop oblique, & il s'y réfléchira entièrement; & passant enfin au travers BC en HI, il rencontrera d'autres parcelles semblables, où il s'embarassera de même. Il arrivera la même chose aux autres rayons qui tomberont sur les autres parcelles, & ainsi il ne passera point de lumière visible au-delà de cette matière, qui la rendra très-opaque. Sa première réflexion sera très-foible, parce qu'elle ne rencontrera que des pointes & non des surfaces convexes comme celles qui font la blancheur; le reste passera dans les intervalles & ne reviendra point aux yeux. La matière des ronds noirs qui paroissent dans les bouteilles de savon, peut avoir quelque rapport à celle du noir de fumée, soit que celle des ronds noirs ait aussi des pointes, ou que l'une & l'autre aient une molesse qui l'empêche de repousser fortement la lumière. Mais, quelles que soient les véritables causes de la noirceur dans ces deux matières, il est très-certain que les fumées grossières & terrestres, comme celles qui viennent de la flamme du bois ou des graisses allumées, sont noires & noircissent.

De-là il s'ensuit que le charbon doit être noir, parce que la fumée du bois s'y attache. Ce n'est pas à cause de ses pores qu'il est noir, quoiqu'ils contribuent à la noirceur; puisque la cendre blanche qui reste dessus, quand il est presque tout brûlé, est beaucoup plus poreuse; & par conséquent les pores ne sont pas la seule cause de la noirceur.

Quand on fait brûler des os fort blancs, la fumée qui en sort & qui s'y attache en partie, les rend noirs; mais si on les tient dans le feu jusques à ce que toute la graisse soit évaporée, ils demeureront blancs après qu'ils seront éteints.

On pourra expliquer de même la noirceur qui paroît dans les autres corps.

Si on suppose que la couleur est une lumière modifiée, on ne doit mettre ni le blanc ni le noir au rang des couleurs; puisque le noir est un

un défaut ou une foibleſſe de lumière, & le blanc, une lumière réfléchie ſans modification. Les Teinturiers ne mettent pas le blanc entre les couleurs ; d'où vient qu'ils diſent teindre les laines & les mettre en couleur.

Le rouge, le jaune, & les autres couleurs qui procédent de la lumière diverſement modifiée, paroiſſe dans les corps dont les ſurfaces réfléchiſſent moins de lumière que celles qui font la blancheur, & en réfléchiſſent plus que celles qui font la noirceur.

Il y a deux ordres différens dans les couleurs pour paſſer du blanc au noir. L'un de ces ordres eſt, le blanc, le jaune, le rouge, le noir; & l'autre, le blanc, le bleu, le violet & le noir. Les priſmes de verre font paroître ces deux ordres dans les réfractions; car lorſqu'il y a du blanc au milieu de la lumière rompue, on voit du côté de ſa convexité du jaune & du rouge, & du côté de la concavité, du bleu & du violet, comme il a été expliqué dans la première Partie de ce Traité.

Le plus & le moins d'une liqueur colorée fait de ſemblables changemens. Le tourneſol diſſous dans un peu d'eau paroît noir dans une épaiſſeur de trois ou quatre lignes, étant mis ſur du papier blanc; il paroît violet dans une épaiſſeur d'une ligne ; il paroît bleu dans une épaiſſeur d'une demi ligne, & ſans couleur dans une très-petite épaiſſeur. Il y a auſſi des liqueurs qui paroiſſent noires dans une grande épaiſſeur, rouges dans une médiocre, jaunes dans une de trois ou de quatre lignes, & ſans couleur dans une très-petite.

Les deux principes différens que les Chymiſtes appellent l'Acide & l'Alcali, dont il a été parlé dans le premier Eſſai, font voir auſſi ces deux ordres. L'Acide fait devenir rouges, le noir, le bleu, & le violet; il change le rouge en jaune, & le jaune en jaune très-pâle: au contraire, l'Alcali change ordinairement le rouge en violet ou en rouge de pourpre, & le jaune en feuille morte. On en donnera pluſieurs exemples dans la ſuite.

Les Chymiſtes croïent que le ſoufre eſt le ſeul principe des couleurs. Mais il eſt évident que celles de l'arc-en-ciel & celles que les priſmes de verre font paroître, ne ſont produites par aucun ſoufre ; & à l'égard des couleurs fixes, il eſt très-vrai-ſemblable qu'elles viennent des mêlanges différens des différens principes des mixtes, & non du ſoufre ſeul, puiſque la lumière peut auſſi-bien ſe modifier en paſſant par les ſels & par les terres, qu'en paſſant par le ſoufre.

On peut croire qu'il y a des couleurs primitives dans quelques corps ſimples, comme du bleu dans l'air ; du jaune ou du rouge dans quelques terres, comme l'ochre, les bols, & l'argille: le ſable & les cendres, qui ſont des matières fort terreſtres, étant fondus enſemble prennent une couleur qui tire ſur le verd: il ſemble qu'il y ait du verd dans l'eau, & on peut le remarquer quand elle a beaucoup de profondeur, particulièrement ſous un pont ou ſous quelque grand bateau, où l'on ne

 voit

voit point par réflexion le bleu de l'air. On voit aussi du verd dans l'eau de la mer.

Je compare ce qui fait les couleurs fixes dans les mixtes à cette matière délicate & impalpable qui paroît sur les raisins, sur les prunes, & sur quelques autres fruits quand ils sont meurs; & qu'on ne voit plus quand on a passé la main par-dessus. Cette matière peut être mêlée parmi les parties solides des corps, sans changer ou altérer leurs configurations, & on peut aussi l'en tirer sans changer le tissu de leurs parties solides.

Les Chymistes en font voir plusieurs expériences; & c'est une de leurs plus belles opérations de tirer la teinture des mixtes par le moïen de certaines liqueurs qu'ils appellent des dissolvans ou des menstruës, comme l'eau commune, l'esprit de vin, les eaux fortes, &c.

Il y a des couleurs ou teintures qui sont très-fixes, comme la teinture jaune de l'or, la teinture bleue du lapis lasuli; car quoiqu'on mette l'or en fusion, & qu'on fasse rougir le lapis lasuli dans un très-grand feu, la beauté de leurs couleurs ne diminue point, & il est impossible ou très-difficile de les tirer par les dissolvans ordinaires. Mais la plûpart des autres couleurs se tirent & s'évaporent assez facilement.

Le corail rouge, étant mis auprès d'un feu médiocre, laisse évaporer toute sa teinture rouge en peu de tems; & étant mis en poudre dans du jus de citron, il devient dans un jour ou deux blanc comme de la neige. J'ai vû des pierres assez grosses, de la couleur des amethystes, lesquelles étant mises dans le feu, perdoient leur couleur en moins d'une heure.

Faites bouillir du bois de Bresil dans plusieurs eaux, la plûpart de sa teinture rouge y passera sans que ses fibres ni la fermeté de ses parties en reçoivent aucun changement sensible; & les eaux qui en seront teintes, étant exposées quelque tems à l'air se jauniront & perdront la vivacité de leur couleur rouge, par l'évaporation de leurs parties les plus subtiles.

Je conçois donc que la matière qui fait les couleurs en chaque corps, est mêlée parmi ses parties fermes & solides; qu'elle est transparente, & que la lumière l'aiant un peu pénétrée, rencontre les parties solides où elle se réfléchit, & passant une seconde fois à travers cette matière, elle porte aux yeux une couleur selon les modifications qu'elle a reçûes par ce double passage.

Si le corps coloré est transparent, la lumière qui le traverse s'y modifie de même, & porte au-delà l'apparence de la couleur.

On peut faire passer cette matière dans plusieurs corps de suite. Les Plumassiers tirent la couleur des laines teintes en écarlatte, & la font passer dans leurs plumes sans qu'elle souffre aucun déchet sensible de beauté.

Les couleurs qu'on tire facilement & qui s'evaporent facilement, réçoi-

çoivent plusieurs changemens, à cause que quelques-uns des principes qui composent leur matière, se dissipent ou qu'ils se désunissent un peu les uns des autres; car il faut très-peu de différence dans l'union ou dans la séparation des principes, pour faire une grande diversité dans les couleurs.

Il y a beaucoup de fleurs qui dans une seule feuille ont des couleurs très-différentes qui se touchent immédiatement, quoique chaque feuille soit nourrie d'une même séve.

Il est vrai-semblable que cette différence procéde de ce que quelques-unes de leurs fibres ont des pores plus petits que ceux des autres fibres, & qu'ils ne laissent point passer quelques-uns des principes les plus grossiers de la matière des couleurs; ou bien qu'étant diversement figurés, ils leur donnent de nouvelles configurations.

Lorsqu'on filtre du vin fort rouge, il perd presque toute sa couleur: d'où il s'ensuit, qu'il y a plusieurs parcelles qui font sa rougeur, dont les plus grossières ne peuvent passer par les pores du papier gris ou des autres corps qui peuvent servir à filtrer les liqueurs.

Quand on regarde du sang à travers les microscopes qui grossissent beaucoup, on y remarque de petites boulettes rouges qui nagent dans une liqueur aqueuse: or, si en filtrant le sang ces boulettes ne passent point, il n'y demeurera point de couleur.

La diversité des couleurs qu'on voit dans les poils des animaux à quatre pieds, & dans les plumes des oiseaux, peut procéder de semblables causes.

Le porc-épy a chacun de ses aiguillons distingués alternativement de blanc & de noir par le dehors; car le dedans est tout blanc. Il est donc nécessaire que le même suc qui dans un endroit de l'aiguillon fait du blanc, y soit disposé d'une autre sorte que dans l'endroit où il fait du noir, par la différence des pores des fibres où ce suc se filtre.

La beccasse de l'*Amérique* a toutes les plumes de ses aîles d'un rouge très-vif, à la reserve des trois premières, qui ont leurs extrémitez très-noires de la longueur d'environ un pouce; le noir joint immédiatement le rouge, & cependant c'est la même liqueur qui passe par les tuyaux de ces plumes pour les nourrir, & elle ne peut pas recevoir un changement considérable dans un espace imperceptible: il reste donc qu'il se fasse quelque filtration différente dans l'endroit où commence le noir, par des pores différens qui s'y rencontrent.

A l'égard des changemens de couleurs qui se font par les Acides & par les Alcali, voici quelques expériences que j'en ai faites.

Si l'on verse dans la solution bleue du tournesol, un peu d'esprit de sel ou de quelque autre esprit acide ou même du jus de citron, elle deviendra d'un beau rouge; & si on y verse ensuite du sel lixiviel des plantes brûlées, ou de l'huile de tartre, ou de l'esprit de sel armoniac, qui sont des alcali, elle reprendra une couleur bleue ou violette.

 Il

Il faut ici remarquer que les rouges que font les différens acides dans la solution du tournesol, sont plus ou moins éloignés du bleu : car quand l'acide est foible, le rouge qu'il fait étant affoibli par beaucoup d'eau, reprend une couleur bleue; mais si l'acide est fort comme celui de l'esprit de sel, le rouge qu'il fait, tire sur l'orangé ou sur la couleur de feu, & étant affoibli par beaucoup d'eau, il devient jaune & ne retourne plus au bleu, si on n'y remet des alcali. Si on mêle quelque alcali avec le suc bleu des violettes, il deviendra verd, & si on y met ensuite quelque acide, il deviendra rouge. Si l'on verse quelque acide dans la décoction de bois de Bresil, laquelle est fort rouge, elle deviendra jaune ; & si au lieu d'acide on y met de l'huile de tartre ou un autre alcali, elle deviendra de couleur de pourpre. Si l'on mêle dans la décoction de gaude qui est jaune, de l'esprit de vitriol, ou de l'esprit de sel ou du jus de citron, elle perdra presque toute sa couleur ; mais si au lieu d'un acide on y met de l'esprit d'urine ou de sel armoniac, elle prendra une couleur obscure comme de feuille morte.

J'attribue les effets des acides à la ténuïté de leurs parties, qui ont la vertu de dissoudre les corps ; & les effets des alcali à leur vertu de precipiter ce qui est dissous, en se joignant aux acides. Ces principes différens peuvent faire pour les couleurs des effets semblables & proportionnés à ceux qu'ils font sur les métaux. On sçait que les esprits de salpêtre & de vitriol dissolvent l'argent en sorte qu'il devient invisible, & que si on y mêle ensuite de l'huile de tartre, elle se joint à ces esprits, & leur fait quitter l'argent qu'ils tenoient dissous, & par ce moïen ses parcelles imperceptibles se rassemblent, & se joignant plusieurs ensemble, elles deviennent pesantes & tombent au fond du vaisseau. Il n'est donc pas difficile de croire qu'un peu d'esprit de vitriol ou de salpêtre puisse dissoudre la matière des couleurs en des parcelles si petites qu'elles deviennent invisibles, & qu'en y mêlant ensuite des alcali, qui se joignent incontinent aux acides, les parcelles se rassemblent & fassent paroître leur couleur. Les Chymistes appellent cette action des alcali, précipitation, soit que les matières aillent promptement au fond de la liqueur, soit qu'elles se rassemblent seulement en cessant d'être dissoutes, comme font beaucoup de matières, du moins leurs parties les plus légéres. Vous pourrez faire les expériences suivantes pour vous assûrer de la dissolution des couleurs par les acides, & de leur précipitation par les alcali.

Mettez un morceau de bois d'Inde ou de Bresil dans du jus de citron, & le retirez après l'y avoir laissé trois ou quatre heures, le jus de citron demeurera aussi clair qu'auparavant; versez-y trois ou quatre goutes d'huile de tartre, vous verrez aussi-tôt une belle couleur rouge. L'esprit de vin & l'urine récente font de semblables dissolutions en tirant la teinture de ces bois par quelque acide subtil qu'ils ont, & ils la laissent aussi précipiter & paroître dès qu'on y a mêlé de l'huile de tar-

tartre: mais si l'urine a été gardée deux ou trois jours, ses esprits acides se dissipent, & elle fait le même effet que l'eau commune, en tirant seulement la teinture sans la dissoudre.

Mêlez de l'esprit d'alun dans l'encre faite avec du vitriol & de la décoction de noix de galle, elle deviendra sans couleur comme de l'eau pure; versez-y ensuite de la soude ou un autre alcali, elle reprendra sa noirceur. Pour connoître les causes de ces effets, mettez de la limaille de fer dans du vinaigre, jusques à ce qu'il y paroisse de la rouille; mêlez-y de la poudre de noix de galle, il se fera du noir. Or, si l'on suppose que le vitriol dont on se sert pour faire de l'encre, contient quelque matière ferrugineuse qu'il tient dissoute par son esprit acide, & qu'elle puisse se précipiter par la noix de galle, il se fera du noir par leur mêlange.

Il doit donc arriver que l'esprit d'alun ou quelque autre acide versé sur ce noir, dissoudra de nouveau la matière ferrugineuse & la fera disparoître, & que la soude ou la chaux ou quelque autre alcali la fera précipiter une seconde fois & fera paroître sa noirceur.

De-là on voit la raison pourquoi le jus de citron ôte les taches d'encre du linge.

Il y a des teintures qui se dissipent & s'évaporent entièrement en même tems qu'elles sont tirées par les acides.

Le jus de citron tire la teinture du corail & le fait venir blanc, mais il la fait évaporer en même tems, en sorte que si vous y mettez de l'huile de tartre, elle ne fera paroître aucune couleur.

Il faut remarquer qu'il y a de certaines matières colorées sur lesquelles les acides différens n'agissent pas de même. L'esprit de vitriol & le jus de citron font perdre la couleur jaune à la décoction de la gaude; mais l'esprit de salpêtre y fait un effet à peu près semblable à celui qu'y fait l'esprit d'urine, qui est de la rendre de couleur de feuille morte: & au contraire, l'esprit de vitriol ne fait point perdre la couleur jaune au saffran dissous dans l'eau commune, & l'esprit de salpêtre la lui ôte. L'esprit de vitriol ne change pas le bleu de l'Inde; mais l'esprit de salpêtre le lui ôte presque entièrement.

Les alcali ne font pas aussi toûjours de semblables changemens sur des couleurs semblables. La teinture bleue de l'iris & des violettes devient verte par les alcali, & le bleu du tournesol demeure bleu; l'esprit d'alun rougit le tournesol, & ne rougit point le bleu de l'Inde, Et ainsi la régle des acides & des alcali souffre quelques exceptions par des causes inconnues qui sont dans les corps, lesquelles empêchent leurs effets ordinaires.

On peut expliquer le changement de la teinture bleue des violettes & de l'iris en verd par les alcali, en faisant remarquer que la couleur de ces fleurs passe immédiatement du verd de la plante au violet, par quelques filtrations qui changent fort peu la disposition de la séve:

d'où

d'où vient que si on mêle de l'eau dans ces sucs, elle paroît bleue au commencement; mais cinq ou six heures après, ce bleu se change de lui-même en verd.

On sçait aussi que l'huile de tartre a la vertu de jaunir; car si on en mêle dans du sublimé dissous en eau commune, elle le précipite en jaune rougeâtre; & les sels lixiviels des plantes brûlées donnent une couleur jaune à l'eau, aussi-bien qu'au sublimé. Il est donc aisé de juger, que le jaune des sels lixiviels, qui sont apparemment un mélange de sel & de terre, mêlé avec le bleu de ces fleurs, lequel a déja une disposition à reprendre la couleur verte, le fait devenir verd en un instant; ce qui n'arrive pas au bleu du tournesol, parce qu'il ne provient pas du suc d'une fleur, mais de la graine d'une plante.

L'alun ne change pas beaucoup les couleurs, il les éclaircit seulement par son acide; mais il a une propriété merveilleuse pour les conserver, & en empêcher l'évaporation. Si vous mêlez un peu d'alun pulverisé dans de l'eau mêlée avec du suc de violettes, elle demeurera bleue & ne se changera point en verd, & même, si elle étoit déja verte, elle reprendra sa couleur bleue.

Mettez de la décoction de bois d'Inde qui est fort rouge, dans deux petites bouteilles, & mêlez dans l'une un peu de poudre d'alun; celle-ci deviendra d'un très-beau rouge clair qu'elle conservera, & l'autre deviendra jaunâtre dans moins d'un jour, quoique les deux bouteilles soient fermées de même; & si vous laissez à l'air une partie de cette décoction, elle deviendra noire comme de l'encre, dans le même espace de tems.

J'ai fait les mêmes expériences dans des décoctions jaunes, comme celles de la gaude, du bois appellé *Fustel*, & de la racine appellée *Terra merita*; & j'ai trouvé qu'un peu d'alun éclaircissoit leur jaune & en conservoit la beauté, & que si on n'y mêloit rien, elles devenoient blancheâtres dans deux ou trois jours.

Il est vrai-semblable que l'alun fait ces effets par sa stipticité ou vertu astringente, & qu'il lie la matière délicate des couleurs & l'empêche de s'évaporer; ce qu'on peut croire aisément, puisque la colle fait un semblable effet par sa viscosité.

Faites bouiller du bois de Bresil avec de la colle de peaux; le rouge en sera très-beau, & se conservera plusieurs années sans aucun changement; au lieu qu'étant bouilli avec de l'eau seule, il devient jaunâtre & sans couleur dans un jour ou deux, étant exposé à l'air.

Par la même raison les fleurs conservent long-tems leurs couleurs, si on empêche l'évaporation de leurs parties subtiles.

Tenez les feuilles d'une tulippe variée dans un livre fermé, elles conserveront fort long-tems leurs belles couleurs.

De toutes les expériences que j'ai rapportées dans ce troisième Discours, & de plusieurs autres que j'ai faites avec beaucoup d'exactitude,

j'ai

j'ai tiré quelques régles générales, dont on pourra se servir pour expliquer assez bien les couleurs fixes.

Mais parce qu'il y a quelquefois des régles générales ou loix de la nature qui empêchent les effets les unes des autres; lorsqu'on trouvera quelque effet différent des effets ordinaires, il faudra chercher quelques autres régles qu'on puisse appliquer à cet effet, car alors il dépendra de deux ou trois causes, & on tâchera de l'expliquer par deux ou trois régles.

RÉGLES GÉNÉRALES

POUR LES COULEURS FIXES.

PREMIÈRE RÉGLE.

LEs couleurs fixes nous paroissent; lorsque la lumière aiant passé par la matière qui fait ces couleurs, vient ensuite à nos yeux avec assez de force.

APPLICATION.

LEs couleurs des vitres des églises paroissent très-belles & très-vives à ceux qui les regardent du dedans au dehors; mais elles paroissent très-foibles à ceux qui les regardent par le dehors.

Ces effets procédent de ce qu'il passe beaucoup de la lumière forte qui vient du dehors, au travers des vitres où elle se colore, & qu'il en passe très-peu du dedans au dehors. La réflexion qui se fait de la lumière du dehors, qui a passé jusques à la seconde surface du verre coloré, est aussi très-foible, & elle s'affoiblit encore en repassant par l'épaisseur du verre & par la rencontre de l'autre surface; & ainsi les couleurs paroissent très-peu en ce sens, & on a même de la peine à les bien distinguer les unes des autres.

Les rubis, les émeraudes, & les autres pierres précieuses qui ont de la couleur, la font paroître bien plus fortement par réflexion, que les verres de même couleur, parce que la proportion de la réfraction est plus grande dans les pierres précieuses, que dans le verre. Or, si on suppose que cette proportion soit comme de 5 à 3 dans le rubis, on trouvera par le calcul, que le rayon le plus oblique qui pourra passer du dedans d'un rubis dans l'air, fera un angle d'incidence de 36^d, 53′; & que si cet angle est de 36^d, 54′, le rayon se réfléchira entièrement comme il le fait dans le verre, quand cet angle est de 41^d, 49′, selon la 3e. Supposition de la 1e. Partie.

 On

On peut donc tailler un rubis d'une manière que la plûpart des rayons qui y entreront, se réfléchiront entièrement sur les secondes surfaces, & prendront une vivacité de couleurs par le double passage qu'ils feront à travers la matière colorée; ce qui n'arrivera pas à un verre coloré taillé de même, parce que sa réfraction étant moins forte, il laissera passer beaucoup plus de rayons.

C'est par cette raison qu'on met des feuilles d'argent bruni, teintes d'un beau rouge, au-dessous des rubis, afin de faire repasser vers les yeux le reste de la lumière qui les a traversés.

On fera un effet tout contraire, si on fait toucher les secondes surfaces d'un rubis à de l'eau mise dans un sceau ou dans un vaisseau dont le fond n'ait point d'éclat; car alors la vivacité de la couleur s'effacera presque entièrement.

La cause de cet effet est que la proportion de la réfraction du rubis à l'eau est fort petite, & est comme de 5 à 4; ce qui fait que la plûpart de la lumière passe de la pierre dans l'eau & ne revient point aux yeux.

On verra de semblables effets dans les émeraudes & dans les saphirs; & ils seront encore plus sensibles dans les verres colorés, parce que la proportion de la réfraction du verre à l'eau n'est que de 9 à 8.

Que si on met des feuilles sous les verres colorés comme sous les pierres précieuses, ils pourront paroître avec autant d'éclat, si leur couleur est aussi belle, à cause que la lumière colorée repassera toute entière aussi-bien à travers le verre qu'à travers la pierre.

Si on met de la teinture bleue ou rouge de l'épaisseur de deux ou trois lignes sur du papier blanc, elle paroîtra noire, parce que la lumière qui se fera affoiblie en traversant les parcelles de la matière de la couleur dans cette épaisseur jusques au papier, ne pourra être assez forte après s'y être réfléchie pour les traverser une seconde fois, & par cette raison la liqueur paroîtra noire; mais si son épaisseur n'est que d'une demi ligne ou d'un quart de ligne, la lumière s'affoiblira fort peu par les deux passages, & portera aux yeux la couleur avec un bel éclat.

La même chose arrive aux laines, aux soies, & aux plumes teintes, parce que les premières surfaces de leurs petites fibres qui réfléchissent la lumière, ne sont couvertes que d'une très-petite épaisseur de la matière colorée.

Lorsqu'on regarde le soleil à travers une fumée épaisse, il paroît rouge; mais si on regarde cette fumée de près, aiant le dos tourné au soleil, & qu'il y ait un fond obscur au-delà, elle paroîtra bleue: j'attribue cet effet à une foible réflexion de la lumière qui se fait sur quelques parcelles de la fumée, après en avoir traversé quelques-unes; & cela se doit faire à peu près de même que quand la lumière tombe sur un mêlange de noir de fumée & de blanc de plomb, puisqu'elle passe aussi par une très-petite épaisseur de noir, avant que de se réfléchir sur le blanc,

blanc, & que paſſant une ſeconde fois à travers cette petite épaiſſeur noire, elle s'affoiblit en ſorte qu'elle paroît bleue.

On peut expliquer par les mêmes raiſons, le bleu qui paroît dans la matière délicate qui eſt ſur les raiſins meurs.

Le bleu de l'air peut procéder d'une ſemblable cauſe à peu près, mais la lumière doit traverſer un très-grand eſpace d'air, pour faire paroître cette couleur, à cauſe de la ténuïté des parties qui la produiſent.

Le bleu qui paroît dans l'eau où l'on a mis tremper du bois néphrétique, vient encore d'une ſemblable cauſe. On y voit ordinairement trois ſortes de couleurs; le jaune, le rouge, & le bleu. Le jaune ou le rouge eſt la véritable couleur de cette eau: car ſi on en emplit une phiole de trois ou quatre pouces de diamétre, & qu'on regarde un objet fort éclairé à travers le col de la bouteille, l'eau qui y ſera, paroîtra jaune, & le rouge paroîtra dans les endroits où il y aura beaucoup d'épaiſſeur de cette eau. Mais il y a une autre matière délicate qui fait le même effet que la fumée, c'eſt-à-dire, que la lumière l'aiant un peu pénétrée, & ſe réfléchiſſant ſur quelques parcelles intérieures, elle porte aux yeux une couleur bleue, pourvû qu'il y ait un fond obſcur au-delà de la bouteille; car ce bleu eſt ſi foible, que ſi on met quelque petit corps blanc dans le milieu de l'eau, la réflexion qui s'y fera, ſera jaune ou rouge ſelon le plus ou le moins d'épaiſſeur de l'eau qu'elle traverſera, & elle effacera entièrement le bleu en cet endroit; mais ſi peu que vous mettiez de cette liqueur ſur un verre plat, elle fera paroître du bleu ſi on voit de l'ombre au-delà, & ce bleu ſera très-beau ſi le ſoleil luit deſſus immédiatement.

Pour faire concevoir que cette matière qui fait le bleu, eſt très-délicate, mettez cinq ou ſix goutes d'eſprit d'alun ou de quelque autre acide, ſur un peu de cette eau de bois néphrétique; on n'y verra plus de bleu, mais ſeulement du jaune ou du rouge, parce que la matière du bois néphrétique qui fait ces couleurs, eſt plus difficile à diſſoudre que celle qui fait le bleu: mais ſi vous mettez enſuite dans la même eau un peu de ſoude ou d'huile de tartre ou de quelque autre alcali, la couleur bleue ceſſera d'être diſſoute, & ſe verra comme auparavant.

On y voit du verd en de certaines poſitions des yeux & de la lumière par le mêlange des rayons qui portent le bleu & le jaune.

Les couleurs différentes de verd & de rouge de pourpre qu'on voit alternativement dans les plumes du col d'un pigeon, peuvent être obſervées avec un bon microſcope, qui fera voir, que chaque petit fil de chaque plume tranſverſale eſt compoſé de pluſieurs petits quarrez alternativement rouges & verds, & qu'il s'y peut faire un même effet que dans les taffetas changeans.

La pierre appellée *Gyraſole* fait voir les mêmes couleurs que le bois néphrétique: car ſi on regarde un objet fort éclairé à travers cette pierre, on verra du jaune ou du rouge ſelon l'épaiſſeur de la pierre; mais

mais si on la tourne du côté d'un fond obscur, on verra paroître du bleu vers la surface la plus proche de l'œil, si elle est suffisamment éclairée.

Si on met de l'eau dans le fond d'un verre, & qu'aiant mis de l'huile de chénevis au-dessus de cette eau sans les mêler, on reçoive un petit rayon solide du soleil sur cette huile dans un lieu obscur; la partie du rayon qui sera dans l'huile, paroîtra rouge comme du corail, & même ce qui s'en réfléchira par la rencontre de l'eau, paroîtra aussi très-rouge; mais ce qui passera outre dans l'eau, n'aura plus de couleur.

On peut expliquer cette rougeur, en considérant ce rayon solide comme le petit corps blanc qu'on met dans la phiole pleine d'eau néphrétique: car si on suppose qu'il y a dans l'huile de chénevis une matière qui a du rapport à celle qui fait le rouge dans cette eau, il s'ensuivra que le rayon paroîtra rouge, étant vû à travers l'épaisseur de l'huile.

On ne verra point de rougeur dans l'eau qui est au-dessous de l'huile, parce que le rayon n'y trouve point de parcelles opaques pour le faire réfléchir.

Un semblable rayon paroît jaune dans l'huile d'olive & dans celle de navette.

II. RÉGLE.

Les sucs de toutes les fleurs bleues & violettes deviennent verds par les Alcali, & prennent un beau rouge par les Acides.

APPLICATION.

Aïez des fleurs d'iris, dont le violet soit fort enfoncé; pilez-les après en avoir ôté ce qu'il y a de jaune, & en tirez le suc; mettez-y un peu de chaux vive; il deviendra verd en un moment: ce verd est très-beau, & on s'en sert pour peindre en miniature.

Pour le conserver long-tems il y faut mettre trois ou quatre fois autant d'alun que de chaux, & le faire seicher au soleil.

Si on ne met que de l'alun dans ce suc d'iris, il sera d'un beau bleu qu'il conservera long-tems; mais enfin il prendra une couleur de verd brun.

Si au lieu de chaux ou de quelque autre alcali, on y met un esprit acide, ce suc deviendra rouge.

J'ai vû de semblables effets dans les sucs de violettes & de plusieurs autres fleurs tant bleues que violettes.

Que si on verse alternativement sur ces sucs, des acides & des alcali, on verra alternativement du rouge & du verd; mais il se fera une grande effervescence à chaque changement.

Les

Les fleurs rouges tirant ſur la couleur de pourpre font voir de ſemblables changemens à peu près.

Mais celles qui ont une couleur de feu, ne deviennent point vertes par les alcali.

Si on fait bouillir des roſes ou des peaunes dans de l'eau commune, la décoction n'aura aucune couleur rouge, & ſera preſque comme de l'eau pure; mais ſi on y mêle un peu d'acide, elle prendra un très-beau rouge.

Les oeillets rouges-bruns, bouillis de même, donnent une teinture de couleur noirâtre, & les feuilles deviennent vertes; ce qui eſt une marque que la matière de la couleur rouge s'introduit dans le verd de la fleur & l'efface. L'eſprit de vitriol donne un très-beau rouge à cette teinture.

Ces dernières liqueurs, étant mêlées avec de l'huile de tartre, deviennent verdâtres.

Les fleurs de grenade bouillies donnent une teinture de rouge très-foible; l'eſprit de vitriol lui donne une couleur tirant ſur l'orangé; mais les alcali lui donnent une couleur de feuille morte.

Les teintures des pavots des champs & des fleurs appellées croix-de-jéruſalem, font voir de ſemblables effets à peu près.

La plûpart de ces décoctions, étant à l'air, laiſſent évaporer dans peu de jours leur teinture rouge diſſoute; car ſi on met de l'eſprit de vitriol dans la décoction des roſes, après l'avoir gardée quelque tems à l'air, il ne la rougit plus.

Les bleus qui ſe font de quelques graines, comme le tourneſol, rougiſſent par les acides; mais ils ne verdiſſent point par les alcali, & ils reprennent ſeulement leur couleur naturelle.

L'urine récente & l'eau de vie rougiſſent le tourneſol; d'où l'on peut juger que ces matières ont un eſprit acide: celui de l'urine s'évapore bien-tôt, car elle ne rougit plus le tourneſol, après avoir été gardée ſeulement un jour.

Les bleus qui viennent des herbes, comme celui du paſtel, ne changent point par les alcali, ni par la plûpart des acides.

III. RÉGLE.

LEs teintures des bois rouges, comme le bois d'Inde & le bois de Breſil, deviennent jaunes par les Acides, & de couleur violette par les Alcali; mais les teintures des plantes jaunes, comme la Gaude, le bois de Fuſtel, la racine appellée Terra merita, deviennent plus enfoncées par les Alcali, & perdent preſque toute leur couleur par les Acides.

APPLICATION.

Mettez du bois d'Inde dans l'urine récente, elle tirera ſa teinture rouge, mais elle la diſſoudra en même tems par ſon acide, en ſorte qu'on ne verra que de jaune. Mêlez-y de l'huile de tartre ou de la ſoude, la teinture paroîtra, mais elle prendra une couleur violette; & ſi on y mêle beaucoup d'eau, la teinture deviendra bleue.

Verſez du jus de citron, ou du vinaigre diſtilé, dans la décoction du bois de Breſil, elle deviendra jaune; mettez-y enſuite de l'huile de tartre, ce jaune ſe changera en violet.

Les eſprits de ſel & de vitriol, l'urine, & l'aigre de ſoufre, ôtent la couleur à la teinture de gaude; les eſprits d'urine & de ſel armoniac la font devenir de couleur de feuille morte.

L'alun éclaircit les couleurs des bois & des fruits par ſon acide, & les empêche de s'évaporer par ſa ſtipticité & vertu aſtringente.

La toile de ſoie étant devenue jaune ſe blanchit par la fumée de ſoufre; cet effet procéde de ſon eſprit acide, & non de ſa matière inflammable.

IV. RÉGLE.

Les végétations qui ſe font dans les lieux expoſés au grand air, ſont vertes; & celles qui ſe font dans les lieux ſoûterrains, ou ſous quelques couvertures opaques, ſont blanches, ou jaunes.

APPLICATION.

Mettez une pierre de taille ou quelque morceau de bois ſous une goutière, il s'y fera une végétation verte, un peu après la pluie; mais lorſque le bois ſe moiſit dans une cave, cette moiſiſſeure, qui eſt auſſi une eſpéce de végétation, comme on le reconnoît par les microſcopes, eſt jaunâtre.

Quand le blé germe, ce qui eſt dans la terre eſt blanc ou jaune, & ce qui eſt plus haut dans le grand air, eſt verd, ce qui touche la terre eſt ſouvent d'un rouge jaunâtre avant que d'être verd.

Si on couvre des plants de melon qui commencent à ſortir de terre, avec des pots d'une matière opaque, ils demeureront jaunâtres, & les premières feuilles ne groſſiront que fort peu; mais ſi on les laiſſe à l'air, ils deviendront verds dans moins d'un jour, & leurs premières feuilles s'élargiront.

Ce dernier effet ſe verra de même, ſi on les couvre d'une cloche de verre tranſparent, encore qu'ils n'aient aucune communication avec le grand air, pourvû que le ſoleil les éclaire. Les cauſes de ces effets dif-

différens font, les deux lobes de leurs graines étant blancs d'eux-mêmes, ils ne peuvent devenir verts, s'ils ne reçoivent beaucoup d'eau dans leurs fibres. Or quand le foleil les éclaire, il les fait croître, & il y monte beaucoup d'eau de la racine; & l'eau étant verte d'elle-même, & fe rendant opaque par un peu de mêlange de la matière de ces lobes, elle fait paroître un beau verd. Mais quand ces lobes font à l'ombre, ils attirent peu d'eau & confervent leur blancheur, ou bien ils deviennent feulement un peu jaunâtres.

Le jaune du germe du blé dans la terre fe peut expliquer de même.

Si l'on couvre des chicorées vertes ou des laituës avec un pot de terre, elles deviendront jaunes; & fi on les lie, leurs feuilles intérieures qui font à couvert du foleil, deviendront blanches ou jaunes. Mais fi on les découvre, elles reprendront leur verd peu à peu.

On peut croire que ce n'eft pas affez qu'il y ait une très-grande quantité d'eau dans les plantes naiffantes, pour les faire paroître vertes: mais qu'il eft encore néceffaire que la lumière du foleil donne pour cet effet quelque difpofition particulière à quelques parties des principes qui s'y mêlent avec l'eau; que cette difpofition fe change, quand les plantes ne font plus éclairées par le foleil; & qu'elle n'y eft pas encore, quand elles commencent d'être expofées à fa lumière.

V. RÉGLE.

IL y a beaucoup de matières jaunes ou obfcures qui fe blanchiffent lorfqu'on les mouille & qu'on les fait feicher au Soleil alternativement; & fi étant blanches elles font long-tems à l'air fans être mouillées, elles deviennent jaunes.

APPLICATION.

FAites fondre de la cire jaune & la réduifez en petites lames, & les étendez fur de l'herbe au matin, pour y recevoir la rofée; mouillez-les auffi deux ou trois fois par jour, elles deviendront très-blanches en moins de 15 jours.

Les cheveux blonds deviennent blancs par ce moïen, & les noirs deviennent jaunes.

Les toiles crues jaunâtres fe blanchiffent de même.

L'eau fait ces effets, parce qu'elle diffout un peu les teintures groffières qui font le jaune, & les enléve avec elle en s'évaporant. Elle difpofe auffi quelques petites parcelles intérieures, en fe mêlant avec elles, à faire de petites éminences à la furface de ces corps, lefquelles y font paroître de la blancheur par la réflexion de la lumière.

Que fi vous mettez de la toile blanche à l'air fans la mouiller, ces petites éminences fe détruiront par l'évaporation de l'eau; & la toile jaunira.

Met-

Mettez aussi une feuille de papier blanc à moitié dans un livre fermé; ce qui sera à l'air, deviendra jaune en peu de tems, & ce qui sera caché, conservera sa blancheur.

Les tiges des blés & de beaucoup d'autres plantes deviennent jaunes en Eté par les matières terrestres & salines que l'eau y a amassées pendant le tems de la végétation; & ce jaune paroît bien, quand la racine ne pousse plus d'eau dans la tige, & qu'une grande partie de celle qui y étoit, est évaporée.

Les feuilles des arbres deviennent jaunes par la même raison, quand elles ne reçoivent plus l'eau de la séve.

Les melons, les concombres, les poires, les pommes & beaucoup d'autres fruits, deviennent jaunes quand ils sont sur le point d'être meurs; car alors les pores de leurs queuës, par où ils se sont nourris, se ferment, & il n'y passe plus d'eau pour succéder à celle qui s'évapore.

Les cheveux deviennent blancs en la vieillesse, parce que leurs fibres sont blanches d'elles-mêmes, & que la liqueur qui leur donne la couleur blonde ou la noire, ne peut plus passer entre les pores de ces fibres.

La fleur de chévre-feuil est d'un rouge de pourpre dans son calice, & les feuilles sont blanches: mais quand elle se seiche, tout en devient jaune; sçavoir la blancheur de la fleur, par les mêmes causes qui font que le papier blanc se jaunit à l'air; & le rouge du calice, par l'évaporation des plus subtiles parties qui font sa rougeur.

VI. RÉGLE.

LEs matières terrestres & sulfurées deviennent rouges par une grande chaleur, & quelques-unes deviennent enfin noires.

APPLICATION.

LA plûpart des terres dont on fait la brique deviennent rouges dans un grand feu: & si on met de la brique au foyer du grand miroir de la Bibliothéque du Roi, l'endroit où la lumière sera réunie, bouillira par le mouvement des fumées grossières qui en sortent, & cet endroit étant refroidi, se trouvera vitrifié en émail noir; il paroît dans ce noir un mêlange de verd, qui peut venir de quelques grains imperceptibles de sable, qui sont mêlés dans la terre.

Le bol rouge, la sanguine, l'ardoise, la pierre ponce, prennent une couleur noire, si on les expose de même au foyer de ce grand miroir.

Le sucre mis auprès du feu rougit quand il commence à se fondre, & devient noir peu à peu.

Le soufre & le mercure, mêlés ensemble, & poussés au feu jusques

ques à se sublimer, font un beau rouge qu'on appelle cinabre artificiel.

Le cinabre minéral se fait par les mêmes matières, lorsqu'elles demeurent long-tems en digestion dans les mines, à une médiocre chaleur.

Si on remue du plomb fondu avec quelque instrument de fer jusques à ce qu'il soit réduit en poudre, & qu'on mette cette poudre à un grand feu de reverbére, elle deviendra rouge; c'est ce qu'on appelle du *Minium*.

Les écrevisses ont une teinture noiraître; elle devient rouge à un feu médiocre: mais si on les approche d'un grand feu, les fumées qui sortent de leur matière terrestre & sulfurée, les fait devenir noires.

Le papier blanc étant approché du feu devient jaune par les premières fumées & par l'évaporation des parties aqueuses; il devient rougeâtre ensuite, & enfin noir un peu avant que le feu s'y mette. Par les mêmes raisons l'yvoire étant mis proche d'un grand feu devient successivement jaune, rouge, & noir; ce noir sert pour la peinture.

Le vitriol a une terre qui devient rouge par un très-grand feu.

Si on serre une petite verge de fer dans un étau entre deux petites plaques de bois pour la limer; le frémissement que ses parties recevront lorsqu'on la limera vers une de ses extrémitez, l'échauffera, & elle changera de couleur à proportion que la chaleur s'augmentera. On verra dans ce fer en l'endroit limé du jaune de paille, puis du jaune doré, & enfin du bleu mêlé de quelque peu de rouge; les fumées qui en sortent par la chaleur, lui donnent ces couleurs différentes: mais si on le met rougir dans le feu, il sera noir quand il sera refroidi.

Les pommes & les poires rougissent par la chaleur dans les endroits qui sont les plus éclairés du soleil.

Par la même raison on voit beaucoup de fleurs rouges en Eté; mais les premières fleurs du Printems sont la plûpart bleues ou violettes.

REMARQUE.

CEs six Régles générales pourront servir pour expliquer beaucoup d'autres effets touchant les couleurs, & même on pourra en appliquer quelques unes à l'art de Teinture, & à l'art de colorer le verre. En voici quelques exemples:

On se sert de l'alun dans la teinture des laines, des soies, & des plumes, non-seulement parce qu'il fait pénétrer les couleurs, mais parce qu'il les rend plus belles, & qu'il les conserve, suivant ce qui a été dit en la troisième Régle.

Faites bouillir de la cochenille dans de l'eau: mettez dans la moitié de la teinture rouge qui en sortira, un peu d'alun en poudre, & ne mettez rien dans l'autre moitié; cette dernière sera noirâtre & sans aucune beauté dans deux jours, & l'autre sera d'une belle couleur de rose ti-

rant un peu ſur le violet, qu'elle conſervera très-long-tems. La même choſe arrive à la graine d'écarlatte.

La graine d'écarlatte eſt un petit fruit rouge qui vient ſur un arbriſſeau appellé *Kermes*, & la cochenille eſt un petit inſecte des Indes, lequel eſt griſâtre quand il eſt ſec.

Pour avoir une belle écarlatte, on mêle avec la cochenille ou avec la graine d'écarlatte quelques acides & même de l'eau forte pour donner de la vivacité à leurs couleurs rouges, & leur ôter le violet.

C'eſt par cette raiſon que pour teindre en écarlatte on ſe ſert d'une chaudière d'étain & non de cuivre, parce que l'eau forte tireroit une couleur bleue du cuivre.

On ſe ſert de paſtel dans le noir, à cauſe que ſa couleur bleue ne reçoit point de changement par les acides, ni par les alcali.

On n'emploïe point de bois de Breſil dans les bonnes teintures, parce que ſon rouge s'évapore facilement, & que les acides le changent en jaune.

Si on verſe de l'urine, ou du jus de citron, ou de l'eſprit de vitriol, ſur du ruban verd, il devient bleu; ce changement vient de ce que le verd étant compoſé du jaune de la gaude, & du bleu de l'Inde, ces acides ôtent la couleur à la gaude, ſuivant la troiſième Régle, & ne font rien ſur le bleu de l'Inde, & par conſéquent il ne doit reſter que le bleu.

J'ai vû changer en un moment une plume verte en couleur de feuille morte, en la trempant dans de l'eau forte où il y avoit beaucoup d'eſprit de ſalpêtre; je jugeai que ce changement procédoit de ce que cet eſprit acide détruit le bleu de l'Inde, & change le jaune de la gaude en feuille morte, comme il a été dit.

Il y a beaucoup de précautions à obſerver dans les teintures; & pour en faire voir les difficultez, je rapporterai ici la manière de teindre les plumes en incarnadin d'Eſpagne, dont j'ai vû le détail.

Les Plumaſſiers ſe ſervent pour cette teinture d'une fleur jaunâtre qu'on appelle du ſaffran bâtard.

On met une certaine quantité de cette fleur toute ſéche dans un ſac: on la fait laver huit ou dix heures durant dans une eau courante pour en ôter la teinture jaune; & on ceſſe de la laver quand on voit paroître ſa teinture rouge, qui eſt la plus belle & la plus fixe. On preſſe enſuite le ſac avec les fleurs, & on retire le marc, qu'on met dans une baſſine: on y mêle de la ſoude d'alicant, ſçavoir deux onces de ſoude pour deux livres de ſaffran: on les frotte & on les mêle enſemble juſques à ce que toute la couleur ſoit obſcure & noirâtre; ce qui arrive à cauſe que la ſoude eſt un alcali: on jette de l'eau un peu plus que tiéde dans la baſſine en quantité ſuffiſante, & on délaïe bien tout le ſaffran & la ſoude. On jette enſuite le tout dans une chauſſe pour le paſſer, & on preſſe la chauſſe juſques à ce que le ſaffran ſoit preſque ſec.

Cet-

Cette dernière eau, qu'on reçoit dans une baffine ou cuvette, n'eft point d'une belle couleur. Enfin on la fait un peu chauffer, & on y mêle une chopine de jus de citron en remuant avec un bâton; alors l'acide de ce jus lui donne une belle & vive couleur d'incarnadin d'Efpagne: on y trempe les plumes deux ou trois fois, & on prépare encore un femblable bain pour les y tremper plufieurs fois, afin qu'elles aient une fuffifante épaiffeur de teinture; fi on laiffoit refroidir le bain avant que d'y mettre les plumes, la teinture jauniroit.

A l'égard des couleurs qu'on donne au verre, on les tire des métaux & de quelques autres fubftances capables de foûtenir la violence du feu.

Le beau verre fe fait avec de la foude de Levant & du fable blanc. Il y a des fables meilleurs les uns que les autres. On y mêle un peu de manganèze pour ôter la couleur verdâtre de la foude & du fable fondus enfemble.

La manganèze eft un minéral qui étant préparé par la calcination eft comme une poudre noirâtre. J'ai obfervé que fi on en met un peu dans un verre à boire avec de l'eau, il fe fait d'abord du verd; & que fi on y met davantage d'eau, le verd dure encore, mais il fe change incontinent en rouge tirant fur le violet: ce rouge fe conferve quelques jours fi on y mêle un peu d'alun; mais fi on y mêle un peu d'eau de vie, il devient jaune en moins de deux heures, & peu de tems après l'eau s'éclaircit, & la manganèze fe précipite au fond du verre en poudre jaune; j'en ai vû fe précipiter de même en moins de trois heures fans y avoir rien mêlé.

Ce minéral fait auffi de différens effets étant mêlé avec le verre.

Si on en met beaucoup dans le padelin, c'eft-à-dire, dans le pot où l'on fait fondre la matière du verre, le verre fera d'un rouge de pourpre: fi on y en met médiocrement & qu'on l'y laiffe affez long-tems, le deffus de la matière fondue fera un peu rougeâtre, le milieu fera clair & fans couleur, & le fond fera d'un verd jaunâtre.

On peut croire que la matière de la manganèze qui fe précipite en poudre jaune au fond de l'eau, eft celle qui tombe vers le fond du padelin, & y fait la couleur jaunâtre; que la matière rouge qui s'évapore dans l'eau, s'envole auffi du verre, & emporte avec foi la couleur verdâtre de la foude & du fable; & que la foible teinte de rouge qui demeure dans la matière qui eft au haut du padelin, y eft retenue par la vifcofité du verre, qui ne la laiffe évaporer entièrement qu'après beaucoup de tems. Le verre qui a cette foible teinte de rouge, eft très-propre pour faire les verres objectifs des lunettes d'approche.

On donne la couleur violette au verre, en y mêlant du faphre avec de la manganèze.

Le faphre eft un minéral grifâtre, qui étant préparé par la calcination devient bleu.

On fait le verre verd avec le cuivre calciné & la rouille de fer: on dit que la meilleure eſt celle qu'on tire des ancres qui ont été long-tems dans la Mer.

On donne auſſi une belle couleur verte au verre, en y mêlant du minium ou chaux rouge de plomb, & du cuivre calciné.

On fait le verre jaune avec de la rouille de fer; l'argent calciné ſert auſſi à lui donner cette couleur, étant mêlé avec d'autres matières.

Le Sieur *Hubin* m'a dit avoir obſervé, que ſi on met de la limaille d'épingles ou de cuivre jaune dans le padelin avec le verre fondu, elle le fait devenir rouge; qu'elle le fait devenir verd, ſi on la fait calciner ſept ou huit jours durant, avant que de l'y mettre; & qu'elle lui donne un beau bleu, ſi on l'a tenue en calcination pendant trois ſemaines ou un mois.

On donne un beau bleu d'aigue-marine au verre, en y mêlant du cuivre rouge calciné pluſieurs fois, & y ajoûtant un peu de ſaphre calciné.

J'ai obſervé qu'aiant tenu une piéce de cuivre rouge aſſez long-tems au foyer du grand miroir brûlant de la Bibliothéque du Roi, le milieu qui avoit été fondu, étoit noirâtre: mais il y avoit un petit endroit à côté de ce noir, qui étoit d'un fort beau rouge; d'où j'ai jugé, que le cuivre peut ſervir à donner une couleur rouge au verre.

Le beau rouge-clair ne ſe peut faire ſans quelque mêlange d'or, à ce que diſent les Jouailliers & les Orfévres; mais ils en cachent le ſecret.

M. *Trocut*, ſçavant Médecin & très-expert dans les opérations de la Chymie, m'a fait voir du verre tranſparent & ſans couleur qu'il diſoit être imprégné d'une teinture d'or. Il en fit mettre en ma préſence un petit morceau au feu de la lampe d'un Emailleur, où il devient en peu de tems d'un beau rouge tranſparent, aiant un éclat de rubis. Il en mit auſſi un petit morceau au foyer du grand miroir concave de la Bibliothéque du Roi; il s'y fondit bien-tôt & il s'en fit une goute ronde qui tomba: il y paroiſſoit en quelques endroits du rouge tranſparent; ce qui fit juger qu'elle ſeroit devenue entièrement rouge, ſi elle fut demeurée plus long-tems expoſée à cette grande chaleur.

On pourroit s'étonner de ce que les métaux, qui ſont des corps très-opaques, donnent au verre des couleurs tranſparentes.

Pour réſoudre cette difficulté, il faut conſidérer que ces matières ſont fort diſcontinuées dans le verre, & que les épaiſſeurs de leurs parcelles ſont ſi petites, qu'elles ne peuvent empêcher qu'une partie de la lumière ne les traverſe. Ainſi l'argent diſſous en de très-petites parcelles dans de l'eau forte, n'empêche pas que toute la liqueur ne ſoit tranſparente.

Les couleurs que les métaux donnent au verre, & même toutes les autres couleurs n'ont qu'une médiocre tranſparence; de-là vient que le verre coloré paroît noir quand il eſt très-épais. Dans les belles vitres an-

anciennes, les verres rouges n'ont de la couleur que jusques à environ le tiers de leur épaisseur, afin que la lumière les puisse pénétrer plus facilement.

M. *Trocut* m'a fait voir une petite pierre de cristal de roche taillée à huit pans dans toute laquelle il paroît une fort belle couleur de rubis d'Orient, quoique la couleur rouge qu'il y a appliquée par le dessous, soit d'une épaisseur imperceptible, le trenchant des vives arêtes des degrez & facettes n'en étant point altéré. Cette pierre qui en elle-même est toute blanche, étant mise dans un chaton avec une feuille dessous de la même couleur, ressemble parfaitement au plus beau rubis d'Orient qu'on puisse trouver.

De-là on voit manifestement qu'un seul passage de la lumière à travers une très-petite épaisseur de matière colorée, suffit pour faire paroître d'assez belles couleurs, & qu'elles sont plus fortes & plus belles, si l'épaisseur est médiocre, ou si l'épaisseur étant très-petite, la lumière la traverse plusieurs fois.

QUATRIÈME DISCOURS,

DES APPARENCES DES COULEURS QUI PROCÉDENT DES MODIFICATIONS INTERNES DES ORGANES DE LA VISION.

LOrsque pendant la nuit on serre les yeux assez long-tems, on apperçoit plusieurs couleurs différentes; car le pressement des nerfs de la choroïde y fait quelques modifications, & quelles que puissent être les modifications de ces nerfs, elles donnent des apparences de couleurs ou de lumières: & même sans serrer les yeux, on voit souvent pendant la nuit, en les tenant fermés, quelques foibles apparences blancheâtres ou colorées, & non un noir parfait.

Il y a beaucoup de personnes qui voïent quelquefois, aiant les yeux fermés, une clarté brillante comme un éclair qui dure environ un demi quart d'heure. Elle peut venir d'une humeur acre qui picote quelque endroit des nerfs qui servent à la vision, soit dans la choroïde, soit dans la conduite du nerf optique: si l'on ouvre alors les yeux, il paroît du noir vers l'endroit où l'on voit l'éclair aiant les yeux fermés: si on veut lire, on ne peut discerner la plûpart des lettres; mais on ne peut lire en aucune sorte, quand on voit cette apparence vers le lieu qu'on regarde directement. Il est impossible de sçavoir dans lequel des yeux est ce défaut; car encore qu'on les ferme alternativement, le même défaut de vision paroît toûjours, parce que cette apparence est si forte, qu'elle détruit celle des objets, que l'autre œil devroit appercevoir.

 Cet-

Cette apparence de lumière prend sur la fin des couleurs, & même elle change de place & diminue de grandeur.

Lorsqu'on a regardé des nuées fort éclairées, ou qu'on a lû long-tems dans un livre au soleil, les yeux s'éblouïssent, en sorte qu'en regardant un objet médiocrement illuminé, on ne le voit pas bien.

Cet éblouïssement dure assez long-tems.

Si on ferme alors les yeux ou qu'on regarde du noir, il paroît du verd; mais si on regarde du blanc, il paroît rouge, en sorte qu'en regardant des fleurs blanches, on peut croire qu'elles sont rouges.

Ces couleurs se changent peu à peu en s'affoiblissant; & on voit quelquefois sur la fin du verd bordé de rouge, en tenant les yeux fermés: si on regarde alors un grand objet blanc médiocrement illuminé, on y voit du rouge bordé de verd; c'est-à-dire, que le verd de l'impression restée, joint au blanc de l'impression presente, fait paroître du rouge, & que réciproquement le rouge de l'impression restée joint au blanc de l'impression presente, fait paroître du verd. Ces apparences durent assez long-tems, & on les peut observer à loisir.

Si en marchant vous regardez le soleil à demi caché sous l'horison, son image tombera en plusieurs endroits sur la choroïde à cause du mouvement; & si ensuite vous regardez ailleurs, vous verrez trois ou quatre petites obscuritez, & en fermant les yeux il vous paroîtra trois ou quatre demi-soleils; mais si en peu de tems vous avez regardé le soleil deux ou trois fois, vous verrez sept ou huit de ces demi-soleils, dont quelques-uns seront blancs, & les autres verds ou rouges &c. Ces différentes couleurs procédent de l'affoiblissement successif des impressions.

Si on a regardé pendant dix ou douze secondes, la lumière du soleil réünie par un verre convexe sur du papier blanc; le grand éclat du petit rond blanc qui est au foyer au milieu de l'ombre que fait le verre, & le médiocre éclat du reste du papier éclairé par le soleil, continuent long-tems leurs impressions dans les organes de la vision; & si on regarde alors quelque paroi blanche, médiocrement éclairée, on y verra un rond blanc, & un petit rond obscur au milieu. Cette apparence se fait, parce que l'endroit de la choroïde, où la lumière du soleil réünie a fait une forte impression, ne peut être touchée par une clarté foible presente, ni même tout l'espace qui a reçû l'impression du papier blanc éclairé par le soleil. Mais l'espace rond où a été reçûe la peinture de l'ombre du verre convexe, recevra l'impression toute entière de l'objet present, parce qu'il ne lui reste point d'impression sensible de la partie du papier qui étoit à l'ombre.

Si vous fermez & ouvrez les yeux l'un après l'autre alternativement, les objets ne vous paroîtront pas toûjours précisément de la même couleur, parce qu'il est presque impossible que les deux yeux soient toûjours également exposés aux objets, & il en reste un peu plus d'impression dans l'un des yeux que dans l'autre; ce qui doit faire paroître

tre de la différence, à l'égard de la couleur, dans un même objet qu'on regarde ensuite par l'un ou l'autre des yeux alternativement.

De-là on peut juger que les couleurs ne paroissent pas précisément de même à tous ceux qui les regardent.

Il y a une apparence surprenante que beaucoup de personnes m'ont dite avec admiration sans en sçavoir les causes.

Cette apparence est, que si on regarde le matin, en ouvrant les yeux, un chassis fort éclairé, sans que le soleil y luise immédiatement, & qu'on se couvre les yeux ensuite après les voir fermés; on voit quelquefois l'apparence du chassis comme on l'a vûe, c'est-à-dire, que les quarrez paroissent blancs, & que les traverses de bois paroissent obscures; & d'autrefois on voit le contraire, sçavoir que les traverses paroissent blanches & les quarrez obscurs. Et il arrive presque toûjours que si en continuant de tenir les yeux fermés, on les tourne une seconde fois du côté du chassis, les apparences des traverses sont blanches, & celles des quarrez sont noires.

Voici comment j'explique ces apparences.

Si vous regardez tout à coup un chassis fort éclairé, & que vous refermiez bien-tôt vos yeux, en les tournant vers un lieu fort obscur; l'impression de ce que vous aurez vû, continuera quelque tems, & par cette raison il vous paroîtra des quarrez blancs & des traverses noires: mais peu à peu les parties de la choroïde qui ont reçû l'impression des quarrez éclairés, communiqueront leurs mouvemens aux parties contigues qui ont reçû la peinture des traverses de bois, & les aiant enfin entièrement ébranlées à cause de leur peu de largeur, elles leur donneront une impression suffisante pour faire paroître de la blancheur, en sorte que toute l'apparence du chassis sera blanche. Mais si tenant toûjours les yeux fermés, vous les tournez vers le chassis, ou vers quelque autre lieu fort éclairé; la lumière qui passera alors à travers vos paupières, sera assez forte pour faire impression sur les endroits de la choroïde où s'est faite la peinture des traverses du chassis, mais elle sera trop foible pour faire une impression sensible sur les endroits qui ont reçû la lumière des quarrez; & par conséquent leurs apparences paroîtront obscures, & celles des traverses paroîtront blanches, étant aisé de juger que les impressions que les parties ébranlées par la lumière des quarrez blancs ont communiquées aux petites parties qui ont reçû la peinture des traverses noires, sont bien plus foibles que celles qu'elles ont reçûes elles-mêmes par la lumière immédiate: cette lumière qui passe à travers les paupières, peut aussi agir sur les endroits de la choroïde qui sont à côté de ceux, où le chassis a été peint, & ainsi on verra par-tout une apparence de blancheur, à la réserve des quarrez qui paroîtront noirs.

Que si on regarde plus long-tems le même chassis, comme pendant quinze ou vingt secondes, fixant toûjours la vûë en un même point à

peu près ; on verra d'abord, en fermant & couvrant les yeux, une apparence de traverſes blanches, & de quarrez d'un rouge obſcur, parce que la continuation de la vûë de la forte lumière des quarrez émouſſe le ſentiment des parties de la choroïde où ils ſont peints, & ébranle médiocrement les parties contigues où ſont peintes les traverſes, d'où il arrive que l'on voit d'abord des traverſes blanches & des quarrez d'un rouge obſcur ; & ſi enſuite on tourne les yeux fermés vers le chaſſis, la lumière qui paſſera à travers les paupières, fera voir encore des traverſes blanches & des quarrez noirs par les mêmes raiſons qui ont été dites.

Ces apparences ne paroîtront pas préciſément de même, ſi le chaſſis eſt éclairé immédiatement par le ſoleil ; mais on pourra l'expliquer avec autant de facilité par de ſemblables raiſonnemens.

Ceux qui paſſent d'un lieu très-éclairé en un lieu ſombre & obſcur, n'y peuvent diſcerner les objets, ni appercevoir leurs couleurs, juſques à ce que les ouvertures des prunelles ſoient ſuffiſamment dilatées, & que les impreſſions qui ſont demeurées dans les organes de la viſion, ſoient preſque entièrement effacées ; & ceux qui paſſent tout à coup d'un lieu fort ſombre & obſcur dans un autre très-éclairé, ſouffrent un éblouïſſement qui bleſſe la vûë, parce que les prunelles qui ſont extrêmement dilatées dans l'obſcurité, ne peuvent étrécir aſſez promptement leurs ouvertures de la manière qu'elles doivent l'être pour voir commodément les objets qui ont beaucoup d'éclat.

F I N.



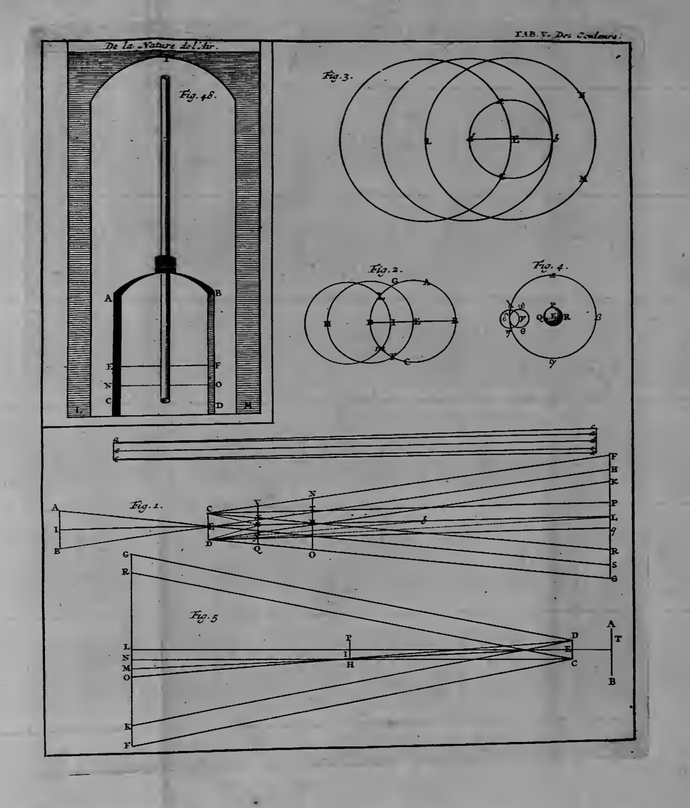

De la Nature de l'Air.
TAB. V. Des Couleurs.
Fig. 48.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 4.
Fig. 1.
Fig. 5

Fig. 6.

Fig. 7

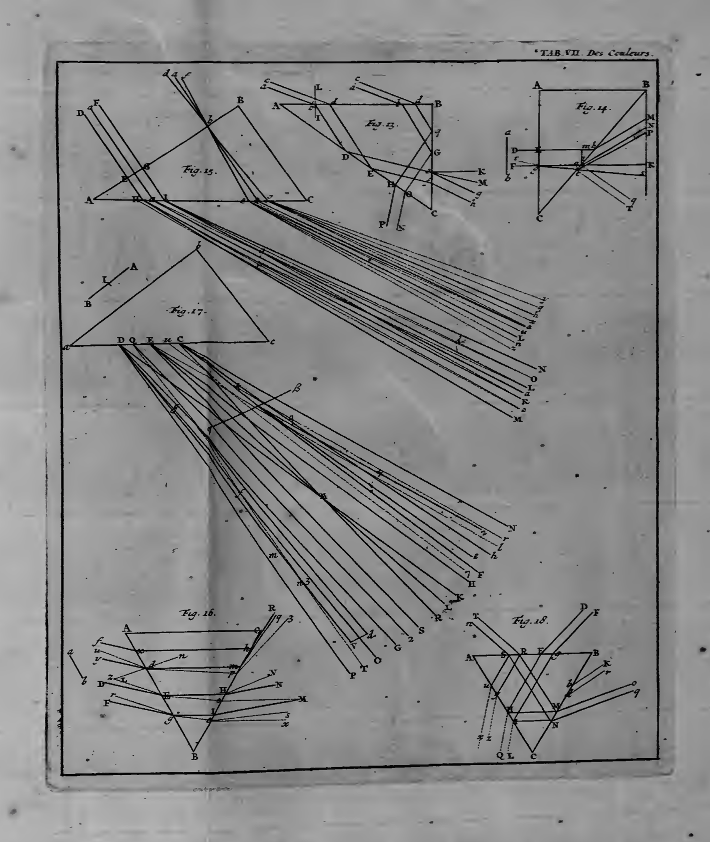
Fig. 8.

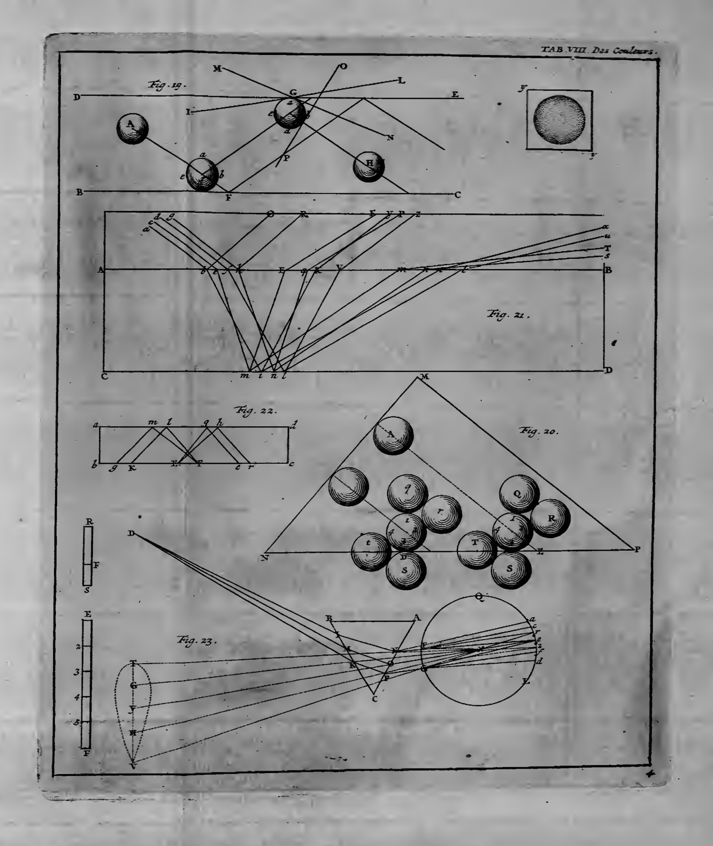
Fig. 10.

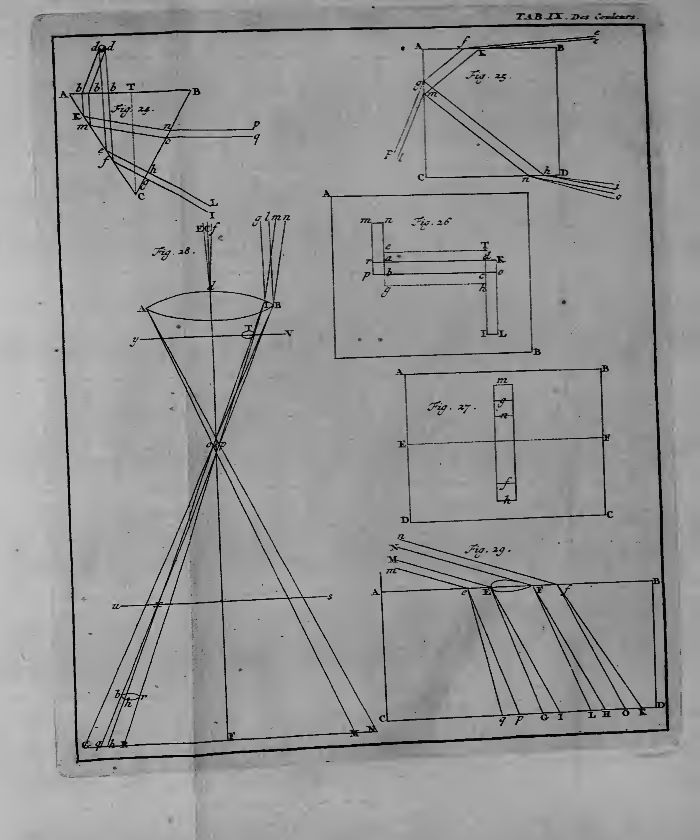
Fig. 9.

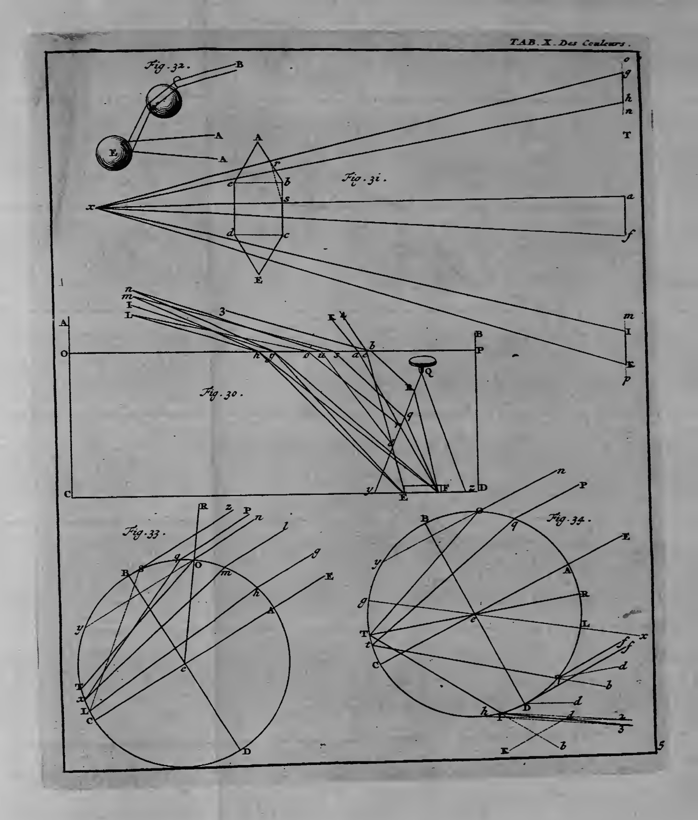
Fig. 11

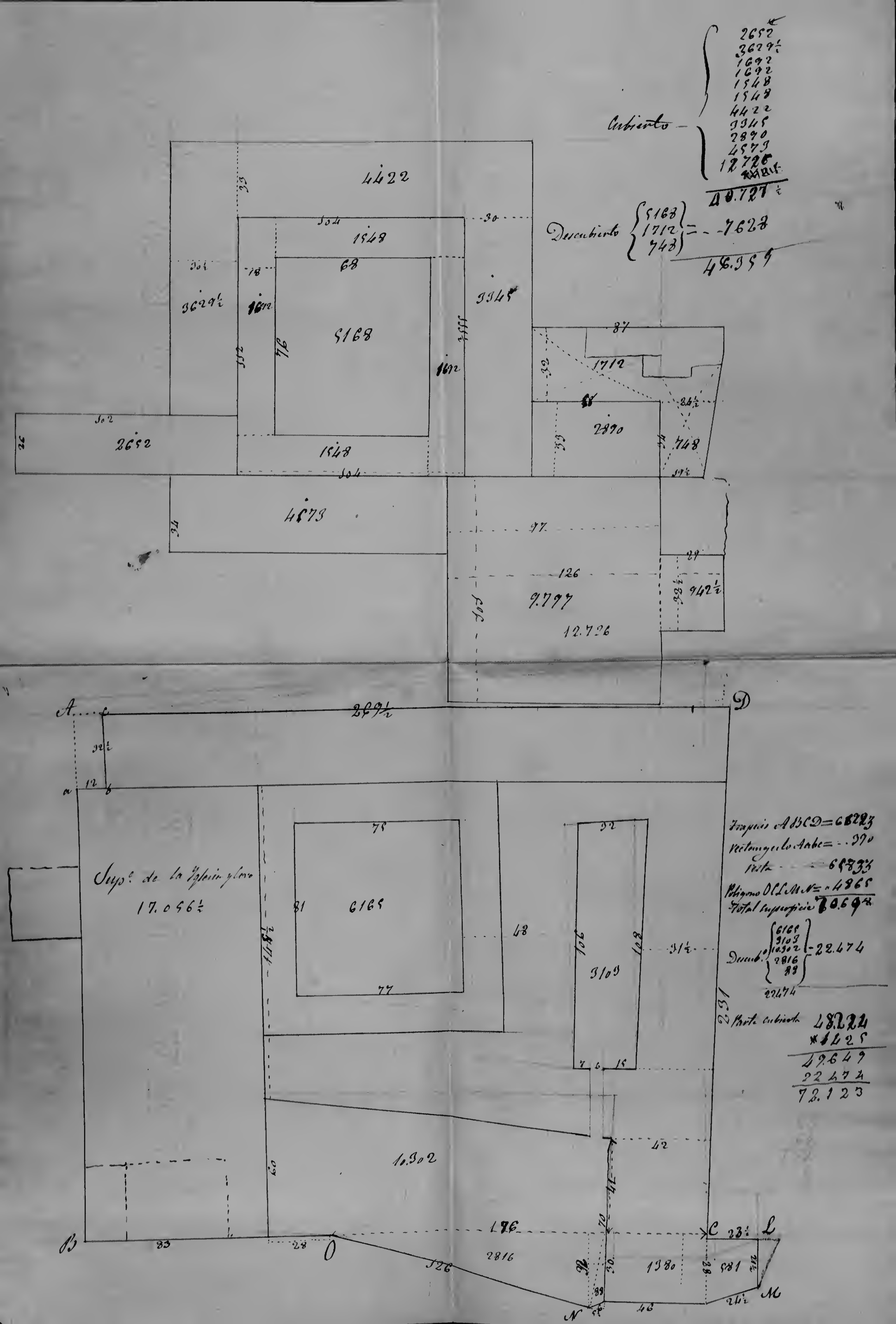
Fig. 12.


Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.

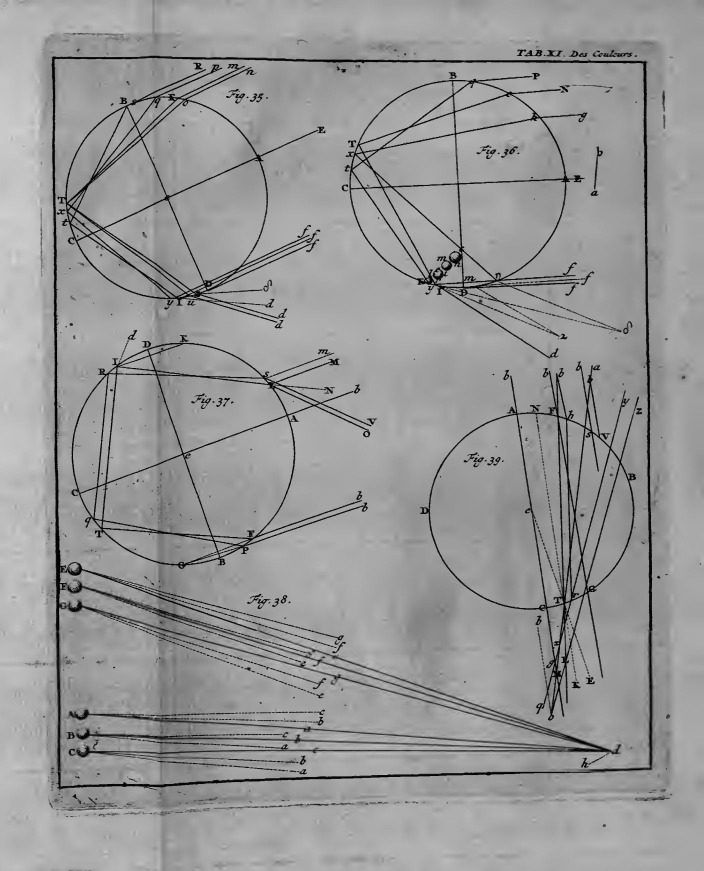

Fig. 19.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 20.
Fig. 23.

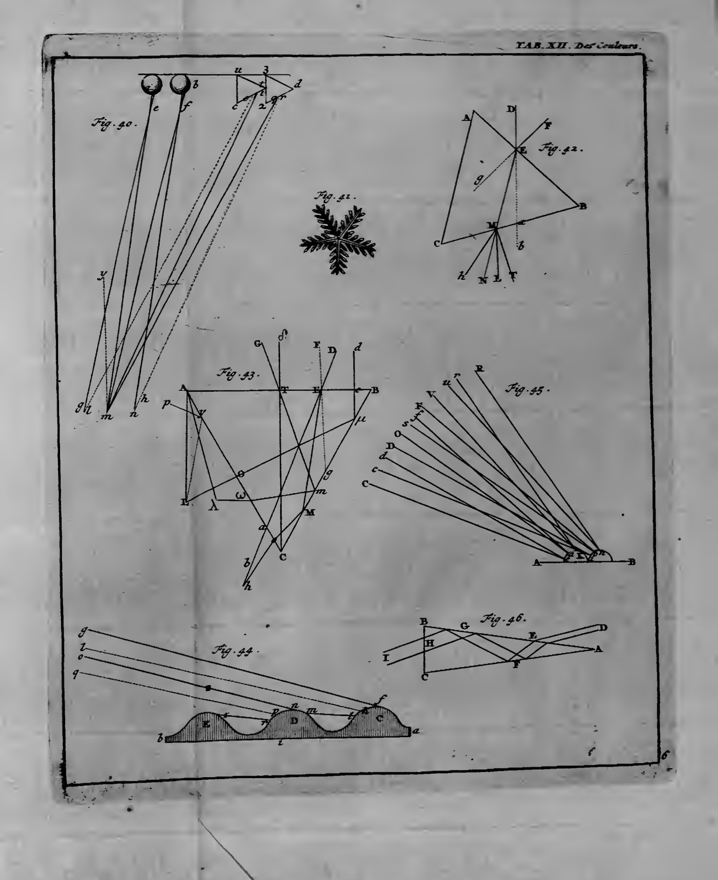

Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.


Fig. 32.
Fig. 31.
Fig. 30.
Fig. 33.
Fig. 34.



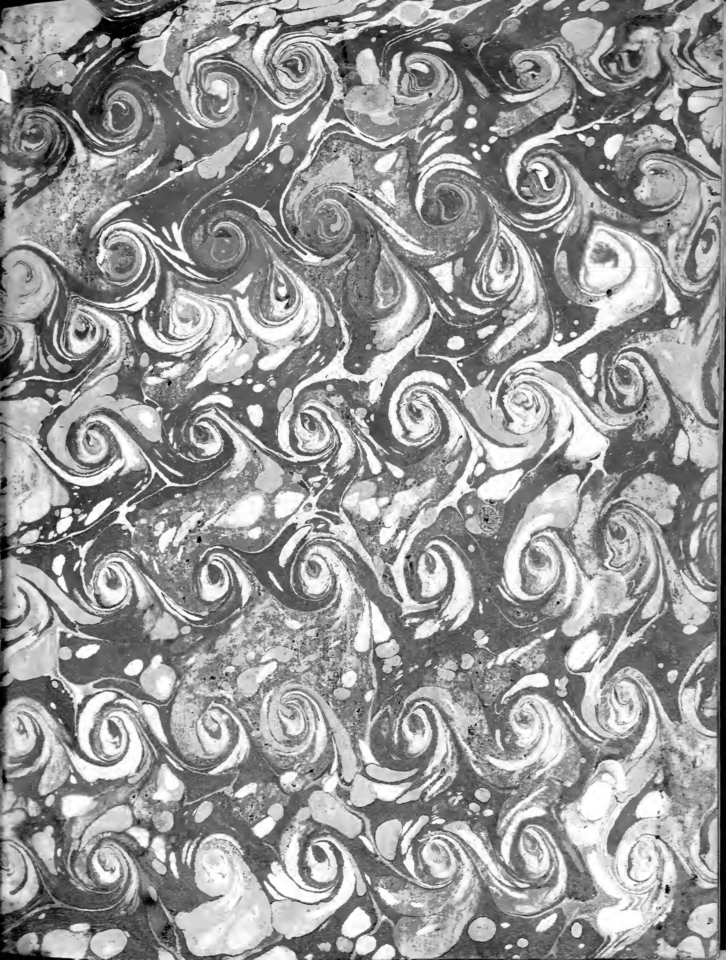
Cubierto
2652
3629½
1692
1692
1548
1548
4422
3345
2890
4573
12.726
40.727½
Descubierto
5168
1712
748
7628
48.359
Sup.e de la Iglesia y loro
17.056½
6165
3109
10.302
2816
1380
Trapecio ABCD = 68223
Rectangulo Aabc = 390
Resta 67833
Poligono OCLMN = 4865
Total superficie 70.698
Descub.o
6165
3109
10.302
2816
83
22.474
Parte cubierta 48.224
1425
49.649
22.474
72.123

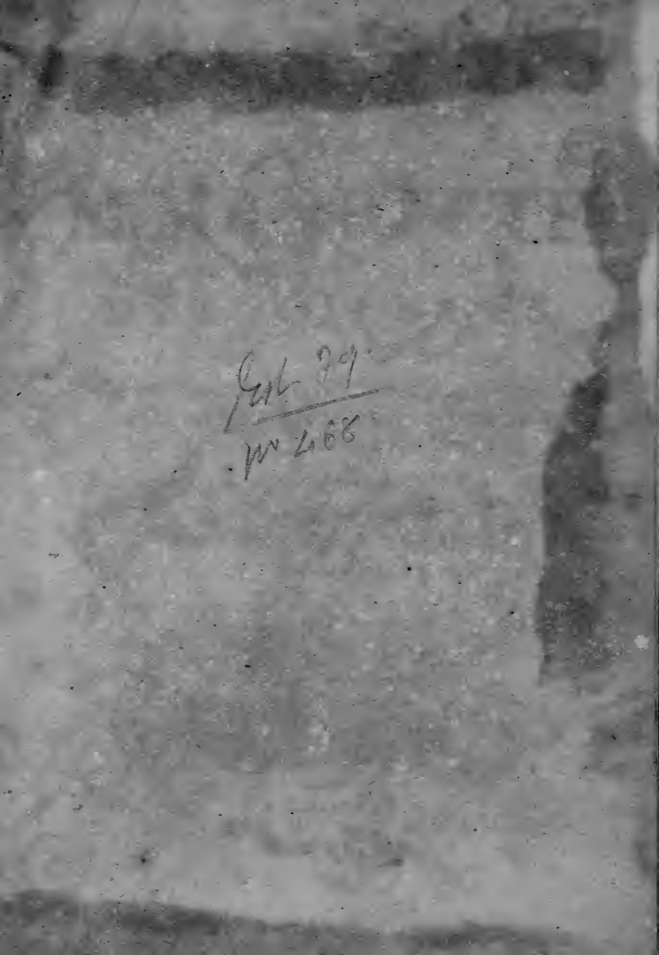

Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.


Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46.









Gub. 99
nr 468







A 39(a) / 068
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
600704324
i 25591824



OEUVRES
DE
M. MARIOTTE,
DE L'ACADÉMIE ROYALE
DES SCIENCES;

COMPRENANT

Tous les Traitez de cet Auteur, tant ceux qui avoient déja paru séparément, que ceux qui n'avoient pas encore été publiés;

Imprimées sur les Exemplaires les plus exacts & les plus complets;

Revûes & corrigées de nouveau.

NOUVELLE ÉDITION.

TOME SECOND.





A LA HAYE,
Chez JEAN NEAULME,
M, DCC, XL.

OEUVRES
DE
M. MARIOTTE,
de l'Academie Royale
DES SCIENCES;
COMPRENANT

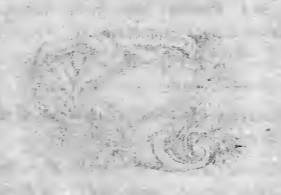
Tous les Traitez de cet Auteur, tant ceux qui avoient déja paru séparément, que ceux qui n'avoient pas encore été publiés;

Imprimées sur les Exemplaires les plus exacts & les plus complets;

Revûs & corrigés de nouveau.

NOUVELLE EDITION.

TOME SECOND.



A LA HAYE,
Chez JEAN NEAULME,
M. DCC. XL.

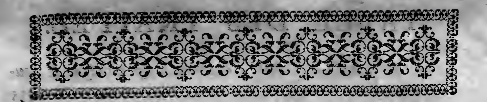


TABLE DES TRAITEZ qui sont dans ce TOME SECOND.



TRAI-

TRAITÉ DU MOUVEMENT DES EAUX ET DES AUTRES CORPS FLUIDES,

DIVISÉ EN V. PARTIES

Par feu MR. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences;

Mis en lumière par les soins de MR. DE LA HIRE, Lecteur & Professeur du Roi pour les Mathématiques, & de l'Académie Royale des Sciences;

Imprimé sur la plus nouvelle & la meilleure Edition, augmentée & corrigée de nouveau.

PRÉFACE.



Eux qui jusqu'à present ont écrit des Hydrauliques, nous ont donné chacun en particulier des remarques très-curieuses sur la pesanteur, sur la vitesse, & sur plusieurs autres propriétez des Eaux. Le Traité de l'Equilibre des Liqueurs de M. Pascal *est un des plus considérables, tant pour les belles découvertes qu'il a faites, que pour les propriétez singulières qu'il démontre d'une manière si claire & si convaincante, que nous ne pouvons pas douter que ce grand Génie n'eût entièrement épuisé cette matière s'il avoit examiné toutes les parties qui la composent.*

Il y avoit plusieurs années que M. Mariotte *s'appliquoit avec un soin extraordinaire à faire les expériences qui sont dans le Traité de* M. Pascal, *pour voir s'il n'auroit point négligé des circonstances particulières qui lui pussent donner lieu de remarquer quelque chose de nouveau. En effet, dans ses expériences il a fait plusieurs observations que l'on ne trouve point dans le petit Livre de* M. Pascal, *ni dans les autres qui l'ont précédé; & il se trouva ensuite insensiblement engagé dans la partie de cet Ouvrage qui a de plus grandes utilitez, comme la mesure, & ce que l'on appelle la dépense des Eaux suivant les différentes hauteurs des réservoirs, & les différens ajutages: il passe ensuite aux précautions qu'on doit prendre pour conduire les Eaux, & aiant enfin traité fort au long de la résistance des solides, il parle de la force que doivent avoir les tuyaux pour résister aux différentes charges de l'Eau.*

Il eût occasion de faire sur ces parties plusieurs expériences à Chantilly *en presence de* S. A. S. MONSEIGNEUR *le* PRINCE, *où l'abondance de l'Eau & la hauteur des réservoirs lui fournissoient tous les moïens nécessaires. Il en fit aussi plusieurs à l'Observatoire en presence de* Messrs. de l'Académie, *& les aiant mises en ordre, il en composa cet Ouvrage.*

Dans les premiers jours de la maladie dont il mourut, il me pria de vouloir prendre le soin de l'impression de ce Traité,

té, en me laissant la liberté d'y changer & d'y retrancher ce que je jugerois à propos: mais j'ai cru qu'il valoit mieux le donner au Public tel qu'il l'a composé, que d'y apporter du mien. Cependant si j'avois entrepris d'y changer quelque chose, je ne l'aurois fait qu'en suivant les sentimens de toute l'Académie, *dont il n'auroit pas manqué de prendre lui-même les avis sur les difficultez qu'il y auroit trouvées.*

La moitié de cet Ouvrage étoit assez au net pour être imprimée; mais le reste m'a donné beaucoup de peine à rassembler sur les mémoires qui m'en ont été mis entre les mains après sa mort.

J'ai tâché, autant qu'il m'a été possible, de n'y rien laisser d'obscur ou d'embarassé dans les dernières Parties, & d'y suivre exactement l'ordre qu'il s'étoit proposé: néanmoins je n'ai osé entreprendre d'éclaircir tous les endroits difficiles, de peur de m'écarter de ses pensées, ou de me rendre peut-être moins intelligible que lui.

*J'avois aussi résolu d'ajoûter, à la fin de cet Ouvrage, des remarques que j'ai faites sur quelques endroits, qui auroient pû y servir d'explication, ou de confirmation, & entr'autres la démonstration par les principes d'*Archimède *du Probléme de* Méchanique, *où la proportion ordinaire est renversée, avec quelques observations que j'ai faites sur l'origine des Fontaines, & sur l'élévations des vapeurs; mais j'ai jugé qu'il étoit plus à propos de les donner séparément avec quelques autres Essais de* Physique, *que d'augmenter ce Volume de mes pensées particulières.*

Je n'aurois pas différé si long-tems à faire imprimer cet Ouvrage, si je n'en avois été détourné par des occupations d'une très-grande importance, que MONSEIGNEUR DE LOUVOIS *m'a fait l'honneur de me donner. Il avoit considéré lui-même que la rivière d'*Eure, *depuis sa source jusqu'à la rencontre qu'elle fait de la* Seine *vers le* Pont de l'Arche, *où remonte le flux de la Mer, ne parcouroit que* 45 *lieuës, & que des mêmes sources de cette rivière il y avoit quelques ruisseaux qui alloient avec une rapidité très-grande rencontrer la rivière d'*Huine, *& ensuite par la* Loire *jusqu'à la Mer à près de* 80 *lieuës de cette source commune; cette rapidité étant connue d'ailleurs par plusieurs moulins qui vont par-dessus: il jugea donc que la rivière d'*Eure *devoit avoir une pente très-considérable, &*

peu de tems après la mort de Monsieur Mariotte, *il m'ordonna de niveler la hauteur de cette rivière à l'égard du* Château de Versailles. *Quoique la distance entre ce Château, & l'endroit où l'on pouvoit prendre commodément la rivière, fût de plus de* 20 *lieuës, mes nivellemens faits par différens chemins & reïtérés plusieurs fois se sont trouvés parfaitement d'accord entr'eux, & m'ont fait voir que cette rivière pouvoit être facilement conduite à la hauteur du* Château de Versailles; *qu'en la prenant à* Pongoin *à* 7 *lieuës au-dessus de* Chartres, *elle étoit* 110 *pieds plus élevée que le rez de chaussée de la plus haute partie de ce* Château.

On doit sans doute préférer les Eaux courantes, qui sont conduites dans des aqueducs, à celles qui sont élevées par des machines, puisqu'elles ne sont pas sujettes à être souvent interrompues par les réparations qu'il faut faire aux conduites, & d'ailleurs l'eau pouvant venir facilement en très-grande abondance: mais comme il y a plusieurs occasions où les machines sont d'une très-grande utilité, & où l'on est même obligé de s'en servir pour l'élévation des Eaux; il auroit été à souhaiter que Monsieur Mariotte *nous eût laissé par écrit ses sentimens sur les différentes pompes & autres machines qui sont en usage, ou qui ont été seulement proposées pour cet effet, avec un examen & un calcul de ce qu'elles fournissent chacune en particulier, & quel choix l'on en doit faire suivant les différentes occasions. Il m'avoit souvent parlé de son dessein sur ce sujet, qui devoit faire une des parties de ce Traité; mais je n'en ai rien trouvé dans ses mémoires qui fût en état d'être donné au Public. Il avoit changé plusieurs fois l'ordre des parties de cet Ouvrage; mais enfin peu de jours avant sa mort, il m'en donna la division suivante, qui m'a beaucoup servi, & principalement dans les dernières Parties.*

Ce Livre étant rempli d'un très-grand nombre d'expériences, & de plusieurs régles qui en sont déduites, avec quelques observations sur ces mêmes régles; j'ai cru qu'il étoit à propos d'y ajoûter une table fort ample, afin de pouvoir trouver facilement les endroits où il est parlé de quelque matière dont on peut avoir besoin dans les occasions.

Tout ce Traité est divisé en V. Parties.

La PREMIE'RE PARTIE *contient trois Discours:*

Le premier *Discours traite de plusieurs propriétez des Corps fluides.*

Le second, *de l'origine des Fontaines.*

Le troisième, *des causes des Vents.*

La SECONDE PARTIE *contient trois Discours:*

Le premier, *de l'Equilibre des Corps fluides par la pesanteur.*

Le second, *de l'Equilibre des Corps fluides par le ressort.*

Le troisième, *de l'Equilibre des Corps fluides par le choc.*

La TROISIE'ME PARTIE *contient quatre Discours:*

Le premier, *des pouces & des lignes dont on mesure les Eaux courantes & jaillissantes.*

Le second, *de la mesure des Eaux jaillissantes, suivant les différentes hauteurs des réservoirs.*

Le troisième, *de la mesure des Eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.*

Le quatrième, *de la mesure des Eaux courantes.*

La QUATRIE'ME PARTIE *contient deux Discours:*

Le premier, *de la hauteur des Jets perpendiculaires.*

Le second, *de la hauteur des Jets obliques.*

La CINQUIE'ME PARTIE *contient trois Discours:*

Le premier, *des tuyaux de conduite.*

Le second, *de la résistance des solides, de la force des solides & de la force des tuyaux de conduite.*

Le troisième, *de la distribution des Eaux.*



TRAITÉ DU MOUVEMENT DES EAUX ET DES AUTRES CORPS FLUIDES.

PREMIÈRE PARTIE.

DE PLUSIEURS PROPRIÉTEZ DES CORPS FLUIDES, DE L'ORIGINE DES FONTAINES, ET DES CAUSES DES VENTS.

PREMIER DISCOURS.

De plusieurs propriëtez des Corps Fluides



L'Air & la flamme sont des corps fluides. L'eau, l'huile, le mercure, & les autres liqueurs, sont des corps fluides & liquides. Tout liquide est fluide; mais tout fluide n'est pas liquide. J'appelle liquide, ce qui étant en suffisante quantité coule & s'étend au-dessous de l'air, jusques à ce que sa surface se soit mise de niveau: & parce que l'air & la flamme n'ont pas cette propriété, je ne les appelle pas liquides, mais seulement fluides. La dureté & fermeté est opposée à la fluïdité: ce qui est dur & ferme comme le fer & les pierres, se laisse traverser difficilement par les autres corps; & quand il a été traversé, ses parties séparées ne se rejoignent point: les corps fluides au contraire se laissent traverser aisément, mais ils réunissent aussi-tôt leurs parties séparées; & c'est en quoi consiste la fluidité. Par cette raison, le sable très-menu peut être appellé fluïde, mais non liquide, parce qu'il ne coule pas sur un plan peu incliné, & que quand on en remplit un vaisseau, les parties supérieures ne se mettent pas de niveau d'elles-mêmes.

L'eau eſt encore appellée humide par quelques Philoſophes: mais c'eſt proprement ce qui eſt mouillé d'eau qu'on doit appeller humide; & en ce ſens l'air eſt humide quand il eſt beaucoup rempli de vapeurs aqueuſes. La ſéchereſſe eſt oppoſée à l'humidité; & un linge qu'on appelle humide lorſqu'il eſt mouillé, eſt appellé ſec, quand l'eau dont il étoit mouillé, eſt évaporée.

L'eau reçoit ſucceſſivement les conſiſtances différentes de dureté & de liquidité: ſon état naturel eſt d'être glacée; c'eſt-à-dire, que lorſqu'aucune cauſe externe n'agit ſur elle, elle demeure ferme & non liquide.

Elle devient coulante & liquide par une médiocre chaleur, & en même tems quelques-unes de ſes parties s'élévent en vapeurs, c'eſt-à-dire, en pluſieurs petites goutelettes ſéparées les unes des autres, & d'une telle petiteſſe qu'on ne peut les appercevoir chacunes à part. On en voit l'expérience quand on jette un charbon allumé dans de l'eau: car on voit d'abord une fumée épaiſſe s'en élever; mais quand elle s'eſt beaucoup étendue en s'élevant, & que ces petites parcelles ſe ſont ſéparées les unes des autres, on n'en peut appercevoir aucune.

Les vapeurs quoiqu'épaiſſes ſont quelquefois viſibles & quelquefois inviſibles, ſuivant que leurs petites parcelles ſont plus ou moins menues, ou plus ou moins agitées. Lorſqu'elles ſont viſibles & proches de la terre, on les appelle des brouillards; & quand elles ſont élevées en haut, on les appelle des nuées. Il s'éléve davantage de vapeurs à une grande chaleur qu'à une médiocre; mais il ne laiſſe pas de s'en élever à une très-petite chaleur, car même il en ſort de l'eau glacée. J'ai obſervé que deux livres de glace diminuoient de poids pendant un très-grand froid d'environ deux gros par jour; d'où l'on peut inférer, que l'eau commençant à être glacée, conſerve encore quelque peu de chaleur, de même que le plomb en conſerve encore beaucoup lorſqu'il commence à ſe durcir après avoir été fondu.

Il y a quelques parties étrangéres & hétérogènes dans l'eau, leſquelles ſe transforment en air par une grande chaleur. On l'expérimente lorſqu'on met un vaiſſeau plein d'eau ſur le feu; car on voit ſe former au fond du vaiſſeau, & enſuite s'élever au-deſſus de l'eau pluſieurs petites bulles d'air. On ne doit point croire qu'elles procédent de la flamme qui pourroit paſſer au travers du vaiſſeau, puiſque l'huile ne pouſſe point de ces petites bulles d'air, lorſqu'on l'a laiſſée un peu de tems ſur le feu pour faire évaporer ce qu'elle a de plus aqueux, encore même qu'on augmente le feu enſuite.

Il ſe forme auſſi de ſemblables bulles dans l'eau lorſqu'elle ſe géle: & parce que cette matière hétérogène, que j'appelle matière aërienne, occupe plus de place quand elle eſt réduite en bulles d'air, elle fait effort pour s'étendre, & ne trouvant point d'iſſuë au travers de la glace, elle la fait rompre, & même les vaiſſeaux qui la contien-

nent,

nent, s'ils sont plus étroits au-dessus que vers le milieu.

Pour expliquer d'où vient que cette matière qui est dans l'eau, tient plus de place quand elle se remet en air, on peut supposer que l'air est un amas d'une infinité de petits filamens entortillés & mêlés l'un dans l'autre comme de petits filamens de cotton. Or si l'on trempe dans un verre à demi plein d'eau un petit amas de cotton pressé, il occupera au commencement une place selon sa grosseur, & il fera élever l'eau vers le dessus du verre considérablement; mais si l'on sépare peu à peu les petits filamens du cotton, en sorte que l'eau puisse se couler par tous leurs intervalles, alors la surface supérieure de l'eau redescendra à peu près à la même marque où elle étoit avant qu'on y eût mis le cotton.

Par cette expérience on connoîtra, que l'air se peut insinuer peu à peu dans l'eau, & y tenir beaucoup moins de place que lorsqu'il y est en petites bulles; & que lorsqu'après avoir été mêlé & comme absorbé dans l'eau, il se remet en petites bulles par le mouvement que la chaleur lui donne ou par quelques autres causes, il tient beaucoup plus de place qu'auparavant.

On connoît que l'air s'insinue dans l'eau, par l'expérience suivante. Faites bouillir de l'eau deux ou trois heures durant, & après qu'elle sera refroidie, emplissez-en une petite bouteille de verre: fermez son goulet avec le doigt, & le trempez dans un verre plein d'eau, faisant en sorte qu'il y ait de l'air gros comme une noisette au haut de la bouteille renversée; vous remarquerez que dans 24 heures cet air disparoîtra. Remettez-y de même une autre bulle d'air aussi grosse; elle entrera encore peu à peu dans l'eau, mais il faudra plus de tems pour l'absorber toute entière: on y en pourra faire entrer encore plusieurs autres de même grosseur l'une après l'autre; mais enfin quand l'eau en sera suffisamment imprégnée, il n'y en entrera plus, & une petite bulle d'air de deux lignes de diamétre se tiendra au-dessus de la bouteille plus de 15 jours sans y entrer. Cet effet se remarque encore plus sensiblement dans l'esprit de vin: car si l'on en met dans la machine du vuide un verre à demi plein, il sortira une très-grande quantité de cette matière aërienne en grosses bulles dès qu'on aura pompé une bonne partie de l'air enfermé dans le récipient, mais dans peu de tems il n'en sortira plus: & si l'on emplit une petite bouteille de cet esprit de vin dont la matière aërienne sera sortie, & qu'on y laisse entrer de l'air gros comme le pouce pour le faire demeurer au haut de la bouteille après qu'on l'aura renversée dans d'autre esprit de vin, comme il a été dit ci-dessus de l'eau bouillie, cet air s'insinuera dans l'esprit de vin en moins de deux heures; & si l'on y en remet une pareille quantité jusques à 2 ou 3 fois, il y entrera encore: mais si l'on met cette bouteille dans la même machine du vuide, cet air qui s'étoit comme dissous, & mêlé invisiblement dans l'esprit de vin, en ressortira en grosses bulles, dès qu'on aura un peu pompé l'air du récipient: ce qui fait voir manifestement que

c'est

c'eſt du véritable air qui ſort de l'eau & de pluſieurs autres liqueurs quand on les fait geler, ou bouillir, ou qu'on diminue par le moïen de la machine du vuide, le reſſort de l'air qui les preſſe ; ce que j'ai expliqué plus au long dans le Traité de la *Nature de l'Air*.

J'ai connu ce qui arrive à l'eau quand elle ſe géle, par les expériences ſuivantes:

J'ai mis pendant un très-grand froid dans un vaiſſeau cylindrique de ſept ou huit pouces de hauteur & de ſix pouces de largeur, de l'eau qui étoit déja aſſez froide, juſques à deux pouces près du bord, & je conſidérai attentivement tout le progrès de la gelée. Il ſe fit d'abord une petite congélation dans la ſurface ſupérieure de l'eau, de petites lames longuettes & crénelées aiant entre elles des intervalles non gelés, leſquels ſe gelérent auſſi peu à peu, à la réſerve d'un petit endroit vers le milieu qui n'étoit point encore gelé, quoique le reſte de la ſurface le fût déja de plus de deux lignes d'épaiſſeur. Je remarquai que dans le fond & contre les côtez du vaiſſeau il ſe faiſoit de petites bulles d'air dans la glace qui commençoit à s'y former; quelques-unes s'élevoient en haut, & les autres demeuroient engagées dans la glace: ce qui me fit juger que ces petites bulles venant à occuper plus de place dans l'eau que quand leur matière y étoit comme diſſoute, elle pouſſoit un peu d'eau par le trou qui étoit au-deſſus, de la même manière qu'un tonneau étant plein de vin nouveau il en ſort un peu par le trou du bondon quand le vin commence à s'échauffer; & le peu d'eau qui ſortoit par ce petit trou ſe repandant ſur ce qui en étoit proche & qui étoit déja gelé, ſe geloit auſſi, & commençoit à y former une élévation de glace: & ce trou demeurant toûjours ouvert par l'eau qui y paſſoit ſucceſſivement, étant pouſſée par les nouvelles bulles d'air qui ſe faiſoient dans la glace, laquelle continuoit à s'augmenter peu à peu vers les côtez du vaiſſeau & vers le fond; j'obſervai que la ſurface ſupérieure de l'eau étoit déja gelée de plus d'un pouce d'épaiſſeur vers les bords du vaiſſeau, & de plus d'un pouce & demi à l'entour & proche le petit trou, avant que l'eau qui y étoit comme dans un petit canal, fût gelée: mais enfin elle ſe gela, & alors le milieu de l'eau n'étant point encore gelé, & l'eau pouſſée par les nouvelles bulles qui continuoient à ſe former pendant deux ou trois heures, ne trouvant plus d'iſſuë par le petit trou, la glace ſe rompoit tout à coup vers le haut par l'effort de cet air enfermé. Je fis une ſeconde expérience, en laquelle, après que la glace eût environ deux pouces d'épaiſſeur, je fis chauffer les bords du vaiſſeau pour faire fondre l'extérieur de la glace, & je la tirai par ce moïen toute entière hors du vaiſſeau, ſans que l'eau qui étoit encore au milieu de la glace ſe renverſât. Je mis cette glace à l'air pour achever de faire geler le reſte de l'eau, & trois ou quatre heures après elle ſe rompit, & je trouvai que dans le milieu il y avoit un vuide de la groſſeur d'un pouce & demi de diamétre, d'où étoit ſorti le

reste de l'eau qui n'étoit pas encore gelé & qui remplissoit cet espace. Je fis une troisième expérience, dans laquelle, après avoir tiré de la même manière la glace hors du vaisseau, je perçai avec une grande épingle l'endroit du petit trou qui s'étoit gelé, & où la glace étoit plus élevée d'un pouce qu'au reste, par l'eau qui s'étoit repandue près du petit trou & s'y étoit gelée; il se fit un petit jet d'eau par le trou qu'avoit fait l'épingle après que je l'eus retirée, & l'eau se gela de nouveau dans le trou. Je continuai à percer cet endroit de tems en tems jusques à ce que l'eau fût toute gelée. J'exposai ensuite cette glace à l'air froid pendant toute la nuit sans qu'elle se rompît; ce qui me fit connoître manifestement, que la rupture de la glace dans les expériences précédentes procédoit de la force du ressort des bulles d'air. Le milieu de cette glace étoit mêlé à peu près d'autant d'air que de glace, & il y avoit bien moins de bulles à proportion vers l'extérieur de la glace. Si l'on fait bouillir l'eau pour en faire sortir la matière aërienne avant que de l'exposer à la gelée, il se fera de la glace jusques à deux ou trois pouces d'épaisseur, qui n'aura point de bulles visibles, & sera parfaitement transparente & propre à faire le même effet pour brûler au soleil que les verres convexes. Voici la manière de rendre cette glace convexe. Aïez un petit vaisseau creux en demi sphére, dont le diamétre soit d'un demi pied; mettez-y un fragment de cette glace transparente, & la mettez sur un peu de feu pour en faire fondre l'extérieur; vous verserez l'eau par inclination à mesure que l'extérieur de la glace se fondra: retournez-la de l'autre côté, & la faites fondre de même jusques à ce qu'enfin elle ait pris une figure convexe des deux côtez, bien polie & uniforme: alors si le soleil luit, elle fera à peu près le même effet pour brûler du papier noirci ou de la poudre à canon, comme si c'étoit un verre convexe. Quelques-uns ont cru que l'eau bouillie se geloit plus aisément que l'autre; mais en aiant mis de l'une & de l'autre également dans deux verres égaux, & aiant fait en sorte qu'elles fussent refroidies également avant que de les exposer à la gelée, je ne pus jamais remarquer qu'elles gelassent plûtôt l'une que l'autre.

Dans les endroits des rivières où l'eau est dormante, il s'y amasse de la boue dont il sort beaucoup d'air quand on marche dessus, ou qu'on y fourre un bâton; soit que cet air s'y forme peu à peu de la matière aërienne qui se trouve dans l'eau de la rivière, soit qu'il procéde de ce que l'eau descendant par de petits canaux au-dessous de son lit, fait élever l'air qui s'y trouve, lequel rencontrant la boue s'y arrête. Outre la matière aërienne qui se trouve dans l'eau, il y en a une autre qui peut être appellée matière fulminante, que j'ai reconnue par plusieurs expériences comme celle que je rapporte ici. Mettez dans un petit vaisseau de cuivre ou d'étain une grosse goute d'eau, & de l'huile au-dessus jusques à un pouce de hauteur; mettez une chandelle allumée au-dessous du vaisseau à l'endroit où est la goute d'eau: vous ver-

verrez qu'il en ſortira des petites bulles d'air pendant un certain tems, & qu'enſuite il n'en ſortira plus ou très-peu ; mais quand l'huile ſera échauffée, il ſe fera des fulminations dans la goute d'eau, qui feront ſauter une partie de l'huile en haut, & pourront ſéparer la goute d'eau en deux ou trois parties. Cet effort peu procéder de quelques parcelles de ſels ou d'autres matières inconnues diſſoutes dans l'eau, leſquelles aiant atteint un certain degré de chaleur ſe dilatent tout à coup, comme fait l'or fulminant.

L'analogie qui eſt entre l'huile & l'eau, eſt que l'huile s'affermit & ſe géle par un grand froid, mais moins fortement que l'eau ; qu'elle devient coulante à une médiocre chaleur ; qu'une grande chaleur la fait élever en fumée & en exhalaiſons ſemblables à peu près en conſiſtance aux vapeurs qui ſortent de l'eau ; & enfin, que ces fumées, du moins leurs plus ſubtiles parties, ſe changent en flamme par une très-grande chaleur.

L'air, le mercure, & l'eau, où il y a beaucoup de ſel commun diſſous, ne ſe gélent pas, ni ne deviennent pas durs au froid, non plus que l'eſprit de ſalpêtre, l'eſprit de vitriol, & les autres eaux fortes ; mais ces matières demeurent toûjours liquides & coulantes : les eaux fortes s'élévent auſſi en vapeurs par la chaleur.

Le mercure, l'eau, l'huile, le vin, l'eſprit de vin & les autres liqueurs, ſe dilatent par la chaleur, & ſe condenſent par un médiocre froid, ſans qu'il paroiſſe pourtant qu'aucun air y ſoit mêlé ou qu'il en ſorte aucunes bulles. Mettez de l'huile dans une bouteille qui ait le goulet long & étroit, & la chauffez médiocrement ; elle montera peu à peu dans le goulet, & en ſe refroidiſſant elle deſcendra juſques à la pomme ſans qu'il y paroiſſe entrer ou ſortir de l'air : & même ſi la bouteille étant toute pleine d'huile médiocrement chaude, on la renverſe en la ſoûtenant avec le doigt, & qu'on trempe le bout dans de l'eau froide juſques à la moitié du goulet, l'huile ſe refroidiſſant quittera le goulet qu'elle occupoit, & l'eau y montera ; mais ſi on chauffe de nouveau médiocrement la bouteille, l'huile redeſcendera & chaſſera l'eau ſans qu'il paroiſſe s'y former aucunes bulles d'air. Cet effet eſt très-ſenſible dans l'eſprit de vin dont on remplit les thermométres de verre ſcellés hermétiquement ; car quand il fait bien froid, l'eſprit de vin deſcend juſques à la pomme, & dans le grand chaud il monte juſques au haut du tuyau, quoiqu'il ſoit de plus de deux pieds de hauteur. J'ai vû des thermométres pleins de mercure au lieu d'eſprit de vin, qui faiſoient à peu près le même effet.

Le mercure ne s'éléve en vapeur qu'à une grande chaleur. J'ai tenu pendant deux ans une petite bouteille où il y avoit environ une livre de mercure, dans un cabinet où le ſoleil luiſoit pendant l'Eté ; j'y trouvai ſenſiblement le même poids au bout de ce tems-là : mais ſi on en met dans un aſſez grand feu, il s'éléve tout en vapeurs inviſibles, leſ-

 quelles

quelles étant reçûes dans un alambic, se remettent en mercure coulant & liquide comme avant leur évaporation.

On remarque dans l'eau une espéce de viscosité, qui attache ses parties l'une à l'autre, & à quelques autres corps, comme au bois & au verre bien net, en sorte qu'une goute d'eau assez grosse demeure suspendue au verre & au bois sans tomber; & lorsqu'on en verse dans un verre bien net sans l'emplir entièrement, elle s'éléve joignant le verre au-dessus de son niveau jusques à plus d'une ligne & demi: & quoiqu'on ne puisse bien dire en quoi consiste cette viscosité, il est constant que ces effets se font toûjours; ainsi deux goutes d'eau séparées se joignent ensemble & ne font plus qu'une seule goute, aussi-tôt qu'elles viennent à se toucher tant soit peu. La même chose arrive à deux goutes de mercure, à deux goutes d'huile posées doucement sur de l'eau en les approchant l'une de l'autre; & même on voit que les petites bulles d'air qui sont au fond d'un plat plein d'eau quand il a été sur le feu, se joignent à celles qui leur sont voisines si on les pousse l'une contre l'autre avec une épingle ou autrement. J'ai vû une fois rouler le long d'une table de pierre polie, un peu de mercure de la grosseur d'un pouce: il rencontra un petit creux dans la table, où une petite partie du mercure entra, & le reste continuant de couler fut sur le point de se séparer du peu qui étoit dans le creux, ce qui les joignoit n'aiant plus qu'environ deux lignes de largeur; mais cette viscosité qui lie ensemble les parties du mercure, l'empêcha, & ce qui étoit passé, se raprocha de la partie qui étoit dans le creux, & tout le mercure s'arrêta dessus & à l'entour. Pour expliquer en quelque façon cette viscosité, on pourroit dire que chacune de ces matières ont leurs petites parties en perpétuel mouvement, & que celles de chaque espéce ont de certaines figures propres à s'acrocher & à se lier les unes aux autres, & qu'elles s'embarassent & s'acrochent nécessairement par leur mouvement dès qu'elles se touchent. Il y a une autre cause qu'on pourroit conjecturer; sçavoir, que l'air aiant une vertu de ressort réduiroit ces corps fluides au plus petit espace qu'ils peuvent occuper, qui est la figure sphérique: mais il pourroit aussi-bien réduire en un globe seul une goute de mercure & une goute d'eau, & même cette cause n'auroit point de lieu dans la machine du vuide lorsqu'on a pompé l'air qui est dessous un récipient, car ce qui en reste n'a plus de ressort considérable; & cependant les goutes d'eau & celles de mercure se joignent ensemble & prennent une rondeur dans cet air extrêmement raréfié de la même manière que dans l'air commun. Dans ces doutes on pourra se contenter de prendre pour principe d'expérience, que les fluides de même nature sont disposés à se joindre ensemble aussi-tôt qu'ils se touchent; & l'on appellera cet effet, si l'on veut, mouvement d'union. Il y a aussi de certains corps où l'eau ne s'attache point ou très-difficilement, comme la graisse, les feuilles de choux non maniées, les plumes de

cignes

cignes & canards, & elle s'y met en petites boules, ou si elle y est en grande quantité, elle se met en rondeur aux extrémitez, le reste demeurant de niveau. Le mercure ne s'attache ni au verre ni au bois ni à la pierre, & c'est ce qui lui a donné le nom de vif-argent; car lorsqu'il est en petite quantité il roule sur ces matières par sa pesanteur, jusques à ce qu'il rencontre de petits creux qui le retiennent: mais il s'attache facilement à l'étain, à l'or, & à quelques autres métaux, & même il s'y imbibe de manière qu'il en discontinue les parties, & ne compose plus qu'un corps avec elles; c'est ce que les Chymistes appellent *amalgamer*.

SECOND DISCOURS,

De l'origine des Fontaines.

LEs vapeurs aqueuses qui s'élévent des mers, des rivières, & des terres humides, étant arrivées à la moïenne région de l'air, & y aiant formé des nuées, s'y refroidissent; & elles ne peuvent pas monter plus haut, parce qu'elles rencontrent un air moins condensé que celui qui est proche de la terre, & cet air étant moins pesant qu'elles ne les sçauroit soûtenir. Ces vapeurs étant agitées par les vents se rencontrent les unes les autres & s'attachent ensemble, & de plusieurs petites goutes imperceptibles il s'en fait d'assez grosses qui commencent à peser plus que l'air qui est au-dessous, & en descendant peu à peu elles en rencontrent d'autres plus petites, d'où il arrive qu'elles se grossissent successivement, & par ce moïen elles deviennent enfin des goutes de pluie. Celles qui viennent des nuées fort hautes, sont les plus grosses, parce qu'elles ont plus d'espace pour se grossir; & *Aristote* s'est trompé quand il a soûtenu le contraire: la raison qu'il en donne, est que si l'on jette un seau d'eau par une fenêtre fort élevée, elle se divise en de plus petites goutes que si l'on ne l'avoit pas jettée de si haut: mais cette comparaison est trompeuse: car il est bien vrai qu'une goute grosse comme le pouce, tombant plus vîte par l'air qu'une fort petite, se sépare facilement en deux ou trois parties par le choc de l'air, principalement quand il fait un grand vent; & ainsi les plus grosses goutes ne sont ordinairement que d'environ trois lignes de largeur, & lorsque deux ou trois de ces goutes se joignent ensemble, elles se séparent incontinent après; mais elles ne peuvent arriver à cette grosseur de trois lignes de diamétre qu'après s'être jointes plusieurs ensemble, & on voit tomber souvent quand les brouillards s'épaississent, de très-petites goutes de pluie qu'on ne peut bien discerner que quand il y a quelque objet noir par derrière.

Puis donc que la pluie en son commencement est très-menue, il est évi-

évident qu'il faut qu'elle tombe de fort haut pour ſe groſſir ; & c'eſt par cette raiſon que les pluies d'hiver ſont ordinairement fort menues, parce que les nuës ne s'élévent alors qu'à une petite hauteur. J'ai obſervé que l'air étant couvert de groſſes nuës, & faiſant une pluie fort épaiſſe avec de groſſes goutes au bas d'une montagne fort haute, les goutes étoient moindres à meſure que je montois au haut de la montagne, & quand je fus preſque au plus haut, la pluie étoit très-menue ; j'étois alors dans un brouillard qui m'avoit paru une nuée quand j'étois au bas de la montagne.

Une ſeule nuée pouſſée par des vents impétueux peut donner de la pluie ſucceſſivement par un eſpace de plus de cinquante lieuës ; ce qu'on a remarqué ſouvent par les dégâts que fait la grêle qui ſe forme dans une ſeule nuée.

Les pluies étant tombées pénétrent dans la terre par de petits canaux qu'elles y trouvent : ce qui fait que lorſqu'on creuſe la terre un peu profondément on rencontre d'ordinaire de ces petits canaux, dont l'eau s'aſſemblant au fond de ce qu'on a creuſé, fait l'eau des puits. Mais l'eau des pluies qui tombent ſur les colines & ſur les montagnes, aiant pénétré la ſurface de la terre, principalement quand elle eſt légére & mêlée de cailloux & de racines d'arbres, rencontre ſouvent de la terre glaiſe, ou des rochers continus le long deſquels elle coule ne les pouvant pénétrer, juſques à ce qu'étant au bas de la montagne ou à une diſtance conſidérable du ſommet, elle reſſort à l'air & forme les fontaines : cet effet de la nature eſt aiſé à prouver. Car premièrement, l'eau des pluies tombe toute l'année en aſſez grande abondance pour entretenir les fontaines & les rivières, comme on le fera voir enſuite par le calcul : ſecondement, on remarque tous les jours que les fontaines augmentent ou diminuent à meſure qu'il pleut ou qu'il ne pleut pas, & s'il ſe paſſe deux mois entiers ſans pleuvoir conſidérablement, elles diminuent la plûpart de la moitié ; & ſi la ſéchereſſe continue encore deux ou trois mois, la plûpart tariſſent, & les autres diminuent des $\frac{2}{3}$ ou des $\frac{3}{4}$; d'où l'on peut conclure, que s'il ceſſoit un an entier de pleuvoir, il ne reſteroit que fort peu de fontaines, dont la plûpart ſeroient très-petites, ou qu'elles ceſſeroient toutes entièrement.

Les grandes rivières, comme la *Seine*, diminuent ſouvent à la fin de l'Eté de plus des $\frac{5}{6}$ de la grandeur qu'elles ont après les grandes pluies, quoique la ſéchereſſe ne dure pas trois mois de ſuite : & s'il y a quelques fontaines qui ne diminuent que de la moitié ou du tiers, cela procéde de ce qu'elles ont de grands réſervoirs qu'elles ont creuſé dans les rochers, en aiant emporté les terres & ne s'étant fait que de petites iſſuës ; d'où vient qu'elles ne croiſſent pas tant que les autres par les pluies continuelles. Quelques Philoſophes apportent une autre cauſe de l'origine des fontaines, ſçavoir qu'il s'éléve des vapeurs du profond de la terre, leſquelles rencontrant des rochers au haut des montagnes en for-

me

me de voûtes, s'y réduisent en eau comme dans le chapiteau d'un alambic, & que cette eau coule ensuite au pied ou dans le penchant des montagnes. Mais cette hypothèse se peut difficilement soûtenir: car si ABC est une voûte dans une montagne DEF, il est manifeste que si les vapeurs se réduisoient en eau dans le concave de cette surface ABC, elle tomberoit perpendiculairement vers HGI & non vers L ou M, & par conséquent elle ne feroit jamais aucune fontaine: d'ailleurs, on nie qu'il y ait beaucoup de telles cavernes dans les montagnes, & on ne sçauroit les faire voir: que si on dit qu'il y a de la terre à côté & au-dessous de ABC, on répondra que les vapeurs s'échaperont à côté vers A & C, & qu'il s'en résoudra fort peu en eau; & parce qu'on voit presque toûjours de la terre glaise où il y a des fontaines, il est très-vrai-semblable que ces prétendues eaux alambiquées ne pourroient passer au travers, & par conséquent que les fontaines ne peuvent pas être produites par cette cause. TAB. XIII. Fig. 1.

Quelques Auteurs rapportent que des fontaines ont cessé de couler pour avoir donné jour à de grandes concavitez soûterraines, d'où il étoit sorti une grande quantité de vapeurs qui se résoudoient en eau dans ces cavernes: on peut répondre à cela que ces histoires sont suspectes: on ne nie pourtant pas qu'il n'y puisse avoir de telles dispositions dans le haut d'une montagne, principalement dans celles qui sont couvertes de neige, que les vapeurs qui se condenseroient par la rencontre d'un grand lit de pierre comme dans un alambic, pourroient former quelque petit filet d'eau qui sortiroit à côté; mais cela est très-difficile à rencontrer, & on n'en pourroit tirer de conséquence pour les autres fontaines.

On objecte encore que les pluies de l'Eté, quoique très-grandes, n'entrent dans la terre que d'environ un demi pied; ce qu'on peut remarquer dans les jardins & dans les terres labourées: je demeure d'accord de l'expérience: mais je soûtiens que dans les terres non cultivées & dans les bois il y a plusieurs petits canaux qui sont fort près de la surface, dans lesquels l'eau de la pluie entre; & que ces canaux sont continués jusques à une grande profondeur, comme on le voit dans les puits creusés profondement; & que quand il pleut dix ou douze jours de suite, à la fin le dessus des terres labourées s'humecte entièrement, & le reste de l'eau passe dans les petits canaux qui sont au-dessous, & qui n'ont pas été rompus par le labourage.

On voit dans les caves de l'Observatoire Roïal de *Paris* plusieurs goutes d'eau qui tombent du haut des voûtes naturelles de pierre qui y sont. Mais il est aisé de remarquer qu'elles ne procédent pas des vapeurs; car on les voit toûjours couler par quelques fentes ou par quelques petits trous du rocher, les autres endroits demeurant secs ou fort peu humides, & cela arrive après de grandes pluies: il y a même un endroit où est la plus grande voûte, où il distille en tout tems beaucoup de goutes

d'eau;

d'eau; mais elles procédent d'un amas d'eau qui est directement au-dessus.

Il y a des carrières en plusieurs endroits dont le haut est en forme de voûte, & il n'y a que vingt ou trente pieds de terre au-dessus, où l'on peut remarquer que les petits égoûts d'eau qui s'y font, passent par de petites fentes entre les lits de pierre, & qu'ils procédent des pluies, parce qu'ils ne paroissent qu'après de grandes pluies, & qu'ils ne durent que quinze jours ou trois semaines après qu'il a cessé de pleuvoir; & on peut facilement juger que les autres écoulemens des fontaines se font de la même sorte.

L'Eté de l'Année 1681, fut très-sec en *France*; ce qui fit tarir la plûpart des puits & des fontaines en beaucoup d'endroits: & quoiqu'il fit un assez grand froid à la fin d'Octobre & au commencement de Novembre, les eaux continuérent à diminuer; ce qu'elles n'eussent pas fait s'il se fût formé de l'eau par les vapeurs élevées des lieux soûterrains & condensées par le froid de la surface de la terre. Il y a un creux dans les caves de l'Observatoire, où il y avoit toûjours de l'eau depuis l'année 1668, jusques en 1681: mais la sécheresse de cette année la fit dessécher entièrement, & il n'y en avoit pas encore une seule goute en Février 1682, quoiqu'il eût beaucoup plû pendant plusieurs jours au commencement de ce mois; & l'Eté suivant aiant été fort pluvieux, l'eau n'y revint pourtant point au mois de Septembre, ni même pendant les deux années suivantes.

Si l'on jette sur un terrain ferme, & difficile à être pénétré par l'eau, une grande quantité de pierres, de sable & de plâtras mêlés de terre, jusques à dix ou douze pieds de hauteur; il se fera une petite fontaine au lieu le plus bas qui coulera toûjours, si ce terrain est de la grandeur d'un arpent ou de deux.

J'ai vû cet effet dans une place où l'on avoit amassé de plâtras de la hauteur d'environ trois pieds: elle contenoit en surface un peu moins de 500 toises: il arrivoit que les eaux des pluies qui tomboient sur cette place & sur les toits des maisons voisines, étoient retenues par ces plâtras, & ne passoient que peu à peu à travers; & ne pouvant pénétrer le pavé & le terrain ferme qui étoit au-dessous, elles se rendoient enfin vers un endroit le plus bas où il se faisoit un petit filet d'eau continuel.

Quelquefois les terres des montagnes sont disposées de telle sorte que les eaux qui y entrent, peuvent ressortir à l'air & couler entre deux terres ou entre la terre & les rochers; & alors on ne peut les découvrir qu'en faisant des tranchées à mi-côte assez profondes, & il arrive souvent qu'on ramasse des eaux en raisonnable quantité par cette manière, comme on l'a pratiqué en plusieurs endroits.

Il y a quelques fontaines qui viennent du milieu des montagnes; & elles se font lorsque les eaux des pluies aiant trouvé passage par les terres sablonneuses & par les fentes des rochers jusques aux deux tiers ou aux trois quarts de l'intérieur de la montagne, il s'y trouve un fond con-

continu de terre glaiſe très-dure, ou quelques lits de pierre continue, où l'eau s'arrête & s'amaſſe juſques à une hauteur conſidérable, laquelle faiſant effort de tous côtez par ſa peſanteur, fait enfin quelques ouvertures vers le bas de la montagne par quelques fentes des rochers. Ces ſortes de fontaines durent plus que les autres pendant les grandes ſécherеſſes, & peuvent être chargées de divers ſels & d'autres matières qui s'y diſſoudent.

On voit quelquefois des fontaines bien élevées dans le haut des montagnes, & quelques-uns ſoûtiennent qu'elles ſont au plus haut lieu. J'ai remarqué une de ces fontaines dans une montagne à deux lieuës de *Dijon*: elle donne beaucoup d'eau: & quand on en eſt fort près, on ne voit qu'environ quarante pieds de hauteur de terrain au-deſſous, dont la pente eſt très-roide; mais ſi l'on regarde de loin cette montagne, on la voit s'étendre par une pente aſſez ſenſible, juſques à plus de cinq cent toiſes de longueur & deux cent de largeur. Or en cet eſpace il tombe aſſez d'eau des pluies pour entretenir cette fontaine, comme il ſera prouvé enſuite.

Il y a des lacs au-deſſus de quelques montagnes qui donnent de petits ruiſſeaux; cela peut arriver, parce qu'il y a des terres à l'entour du lac plus élevées que le niveau de l'eau & d'une grande étenduë. Mr. *Caſſini* m'a dit avoir vû en *Italie* un aſſez grand lac au-deſſus d'une haute montagne où il y avoit deça & delà des élévations de terre de plus d'une demi lieuë de longueur, qui étoient ſouvent couvertes de neiges, dont les écoulemens avec celui des eaux des pluies pouvoient aiſément entretenir le lac, qui doit avoir un terrain très-ferme au-deſſous, ou des rochers continus; il y fait ordinairement très-froid, c'eſt pourquoi cette eau ne s'exhale pas conſidérablement.

Il y a une fontaine au *Mont-Valérien*, à deux lieuës de *Paris*, à peu près de même. Le terrain qui la produit a environ cent toiſes de longueur, & cinquante de largeur: elle eſt auprès d'une maiſon, environ au tiers de la hauteur de la montagne. Il y a encore pluſieurs autres endroits du même côté, dans leſquels on trouve de l'eau: & on y fait de petites fontaines coulantes, en creuſant la terre de ſept ou huit pieds de hauteur; car ſi après avoir trouvé l'eau on continue l'ouverture horiſontalement tirant vers le bas juſques à ce qu'on ait gagné la hauteur du terrain, on aura une petite fontaine qui ne tarira que rarement. Il y a de l'autre côté de la même montagne, tout au plus bas, une aſſez belle fontaine qui ne tarit point. Il y en a auſſi trois ou quatre à *Mont-Martre*: la plus élevée eſt environ à 50 pieds au-deſſous du haut de la montagne: le terrain qui produit la plus grande, n'a qu'environ 300 toiſes de longueur & 100 de largeur; elle ne donne auſſi que très-peu d'eau, même après les grandes pluies: les deux autres n'en donnent pas chacune le quart de la grande, & ne coulent qu'après de très-grandes pluies.

La ville de *Langres* est située à l'extrémité d'une éminence fort élevée, laquelle continue dans la même hauteur jusques à une lieuë de longueur avec une médiocre largeur. Il y a une autre montagne vis-à-vis de même hauteur & longueur à peu près, & de plus d'un quart de lieuë de largeur. Entre ces deux montagnes il y a un grand valon, où coule un assez grand ruisseau ou petite rivière qui procéde de plusieurs fontaines qui ne sont pas beaucoup éloignées du sommet de ces montagnes : & il est aisé de juger qu'elles sont produites par les eaux des pluies qui tombent sur les plaines qui sont au haut, & qui ont un terrain fort spacieux ; il en vient davantage de celle qui a le plus d'étenduë en largeur.

Toutes les autres fontaines sont à peu près semblables à celle-là, & doivent avoir des hauteurs considérables au-dessus de leur sortie. Il y a une campagne à six lieuës de *Paris*, entre la valée de *Palaizeau* & celle de *Marcoussi*, qui a plus de deux lieuës de longueur & une de largeur, où l'on voit des mares en quelques endroits, qui ne sont surmontés que de cinq ou six pieds par les lieux les plus élevés : mais le terrain y est très-dur à deux où trois pieds de profondeur, particulièrement proche le château de *Bauregard*, où il y a trois ou quatre de ces mares ; & ce terrain est tellement impénétrable à l'eau, que pour y faire une conduite d'eau, on s'est contenté de creuser un petit fossé à deux ou trois pieds de profondeur, & le remplir de pierres sans mettre aucun ciment au fond.

On pourroit objecter qu'il ne tombe pas assez d'eau en toute l'année pour fournir aux grandes rivières qui se déchargent dans la mer.

Pour résoudre cette difficulté, je me sers d'une expérience qui a été faite à ma prière, il y a sept ou huit ans à *Dijon* par un très-habile homme & très-exact dans ses expériences. Il avoit mis vers le haut de sa maison un vaisseau quarré qui avoit environ deux pieds de diamétre, au fond duquel il y avoit un tuyau qui portoit l'eau de la pluie qui y tomboit, dans un vaisseau cylindrique, où il étoit facile de la mesurer toutes les fois qu'il pleuvoit : car quand l'eau étoit dans ce vaisseau cylindrique, il s'en exhaloit fort peu pendant cinq ou six jours. Le vaisseau de deux pieds étoit soûtenu par une barre de fer qui s'avançoit de plus de six pieds au-delà de la fenêtre où elle étoit posée & arrêtée, afin qu'il ne reçût que l'eau de la pluie qui tomboit immédiatement dans la largeur de son ouverture, & qu'il n'y entrât que celle qui y devoit tomber selon la proportion de sa surface supérieure. Le résultat de ces expériences fut, qu'en une année il pouvoit ordinairement tomber des eaux de la pluie jusques à la hauteur d'environ dix-sept pouces. L'Auteur du livre intitulé l'*Origine des Fontaines*, assûre avoir fait une semblable expérience pendant trois années, & que l'une portant l'autre il étoit tombé de l'eau de la pluie en un an jusques à 19 pouces 2 lignes $\frac{1}{3}$ de hauteur.

Je prens moins que ces observations, & je suppose qu'en un an il tom-

tombe feulement de l'eau de la pluie jufques à 15 pouces de hauteur: fur ce pied-là une toife recevroit en un an 45 pieds cubes d'eau; & fuppofant qu'une lieuë contienne de longueur 2300 toifes, une lieuë quarrée contiendroit 5290000 toifes fuperficielles, qui multipliées par 45 donnent 238050000 pieds cubes.

Les fources les plus éloignées de la *Seine* font à 60 lieuës de *Paris* à peu près: fçavoir, celles de la rivière d'*Armanfon* & des autres rivières qui entrent dans les rivières d'*Yonne* & de la *Seine*, à les prendre depuis les fources les plus proches de la *Loire* auprès de la *Charité*; & celles qui entrent dans la *Marne*, depuis celles qui font les plus proches de la *Meufe*, au-delà de *Bar-le-Duc*. La diftance de ces fources les plus éloignées l'une de l'autre eft de près de 60 lieuës. Que fi l'on coupe la rivière de *Seine* par une ligne perpendiculaire qui paffe à cinq ou fix lieuës de *Paris*, du côté de *Corbeil*, on trouve des fources vers les extrémitez de cette ligne, qui font diftantes l'une de l'autre d'environ 45 lieuës. Je fuppofe donc, que la continence de toute cette étenduë de païs eft de 60 lieuës de longueur revêtue, & de 50 lieuës de largeur, qui font 3000 lieuës fuperficielles, dont le produit par 238050000 eft 714150000000: d'où l'on voit que les terres qui fourniffent l'eau de la *Seine* à *Paris*, reçoivent des pluies 714150000000 pieds cubes d'eau en un an.

La *Seine* au-deffus du Pont-Royal, lorfqu'elle touche les deux quais fans couvrir que très-peu l'extrémité du terrain de part & d'autre, a 400 pieds de largeur & cinq pieds de profondeur moïenne: elle eft alors dans fa moïenne grandeur: fa viteffe au haut de l'eau eft telle qu'elle fait environ 150 pieds en une minute: elle en fait 250 quand les eaux font en leur plus grande hauteur; car un bâton qui eft emporté par le milieu du courant, va auffi vîte qu'un homme qui marche bien fort, lequel peut faire 15000 pieds en une heure, & par conféquent 250 en une minute, c'eft-à-dire, environ 4 pieds en une feconde. Mais parce que le fond de l'eau ne va pas fi vîte que le milieu, ni le milieu que la furface fupérieure, comme il fera prouvé enfuite; on peut prendre pour viteffe moïenne 100 pieds en une minute.

Le produit de 400 pieds de largeur par 5 pieds de hauteur moïenne eft 2000: car elle a 8 ou 10 pieds en des endroits, & fix, ou trois, ou deux, en d'autres: & le produit de 2000 par 100 pieds fait 200000 pieds cubes; & par conféquent il paffe, par une fection du lit de la rivière de *Seine* au-deffus du Pont-Royal, 200 mille pieds cubes en une minute, & 12000000 en une heure, & en 24 heures 288000000, & en un an 105120000000, qui n'eft pas la 6e. partie de l'eau qui tombe en un an par les pluies & les neiges, fçavoir 714150000000 pieds cubes. Il eft donc manifefte, que quand le tiers de l'eau des pluies s'éléveroit en vapeurs incontinent après être tombée, & que la moitié du refte demeureroit dans les terres fuperficielles pour les tenir mouillées, comme on les voit ordinairement, & dans les lieux foûterrains au-

dessous des grandes plaines, qu'il n'y auroit que le reste qui s'écoulât par de petits conduits pour faire les fontaines au-dessous ou au penchant des montagnes; il y en auroit assez pour produire ces fontaines, & les rivières telles qu'on les voit. Si on prend 18 pouces au lieu de 15 dans le calcul ci-dessus, on trouvera au lieu de 714150000000, 856980000000 pieds cubes, qui donneront huit fois plus d'eau que la *Seine* n'en fournit.

Pour calculer l'eau de la plus grande fontaine de *Mont-Martre*, il faut multiplier 300 toises de longueur par 100 de largeur; le produit est 30000 toises, qui donneront, à 54 pieds cubes par toise, 1620000 pieds cubes à peu près en un an. Or le terrain de cette montagne est sablonneux jusques à 2 ou 3 pieds de profondeur, & le dessous est une terre glaise; une partie de l'eau des grandes pluies coule d'abord au bas de la montagne; une partie du reste demeure dans le sable proche de la surface; le reste coule entre le sable & la glaise: & si l'on suppose que ce ne soit que la quatrième partie du total, qui est de 56700000 pintes en un an, ou 155341 en un jour; ce qui fait 6472 pintes en une heure, & 107 en une minute; ce quart seroit environ 26 pintes par minute que devroit donner cette fontaine, & c'est ce qu'elle donne à fort peu près, lorsqu'elle est plus que médiocre.

TROISIÈME DISCOURS,

De l'origine & des causes des Vents.

L'Origine des vents est beaucoup plus difficile à découvrir que celle des fontaines, parce que chaque fontaine aiant le commencement de sa production, & l'issuë de sa source en une seule montagne, un seul homme en peut observer toutes les plus considérables circonstances: mais un même vent s'étendant bien souvent par l'espace de plus de 100 lieuës, il faut nécessairement plusieurs observateurs en même-tems, pour sçavoir où il commence & où il finit, & quel espace il coupe en largeur.

J'entrepris plusieurs fois d'avoir des correspondances pour ces observations dans des étenduës de sept ou huit cent lieuës en plusieurs endroits de l'*Europe* en même tems; comme depuis *Paris* jusqu'à *Varsovie* & vers les extrémitez de l'*Italie* & de l'*Espagne*, & depuis *Londres* jusqu'à *Constantinople*, de cent lieuës en cent lieuës: mais, quoique plusieurs curieux à qui j'en avois parlé ou écrit, me l'eussent promis, & que de mon côté je fisse exactement le miennes à *Paris* & ailleurs; je n'en ai pû avoir que fort peu de correspondantes, dont je parlerai dans la suite.

Aristote & quelques autres Philosophes ont cru que les vents procédent des exhalaisons ou fumées élevées de la terre, lorsqu'elles se réfléchis-

chiſſent après être montées perpendiculairement juſques à la moïenne région de l'air. Cette opinion a fort peu de vrai-ſemblance : car les exhalaiſons s'élévent fort lentement ; & par conſéquent leur réflexion ne peut donner qu'un foible mouvement à l'air, & ne peut produire qu'un vent très-médiocre, qui ne règneroit ordinairement que dans la moïenne région de l'air, & ne deſcendroit pas juſques à la ſurface de la terre. Il eſt vrai que s'il s'éléve en quelque lieu particulier une extraordinaire quantité d'exhalaiſons & de vapeurs, elles pourroient occuper aſſez de place dans l'air pour en repouſſer une partie en circonférence ; mais ce mouvement d'air ſeul ſeroit trop foible pour produire un vent conſidérable, & qui eût une viteſſe égale à celle de la plûpart de vents. Il s'enſuivroit auſſi, ſi cette opinion étoit véritable, qu'il ne viendroit point de vents de la mer Océane vers les côtes de *France* & d'*Eſpagne*, puiſqu'il ne s'éléve point d'exhalaiſons des eaux de la mer, ou très-peu, mais ſeulement des vapeurs aqueuſes ; & cependant il s'y fait ſouvent des vents d'Occident très-violens.

Monſieur *Deſcartes*, qui a voulu rendre raiſon de toutes choſes, à cru que les nuées qui étoient ſur le point de ſe réſoudre en pluie, pouvoient produire les vents en tombant d'en-haut les unes ſur les autres. Mais il n'a pas conſidéré qu'il n'y a point de nuée ſi épaiſſe qui n'ait beaucoup d'air dans les intervalles des vapeurs qui la compoſent, & que par cette raiſon l'air qui eſt entre deux nuées, peut paſſer facilement au travers à meſure qu'elles s'aprochent l'une de l'autre, ou qu'elles tombent de haut en bas vers la terre : ajoûtez à cela, que les nuées ſupérieures deſcendent ſi lentement ſur les inférieures, qu'il eſt impoſſible qu'elles donnent une grande viteſſe à l'air qui eſt entre deux, & il ne peut jamais en réſulter un mouvement d'air d'un ſeul côté qui puiſſe être porté par une eſpace tant ſoit peu conſidérable. La raiſon qu'apporte cet Auteur pour prouver que ces nuées fort élevées produiſent les tempêtes, ſçavoir que plus les corps peſans tombent de haut, plus leur chûte eſt impétueuſe, eſt un pur ſophiſme ; car cela n'arrive qu'aux corps fort peſans comme les pierres & les métaux : mais à l'égard des nuées qui commencent à deſcendre quand elles ſont ſur le point de ſe rendre en petites goutes de pluies, la plus grande viteſſe qu'elles puiſſent acquérir en deſcendant, eſt de faire cinq ou ſix pieds en l'eſpace d'une ſeconde, & ces petites goutes peuvent acquérir cette viteſſe en venant ſeulement de cinquante pieds de haut. Ce même Auteur a encore tâché d'expliquer les vents par les dilatations inégales des vapeurs, & a ſoûtenu que les vapeurs ſe dilatant mille fois plus que l'air à proportion, elles doivent être les cauſes des vents, donnant pour exemple le vent des Eölipiles. Mais tous ces raiſonnemens ſont fondés ſur de fauſſes ſuppoſitions : car il n'eſt point vrai que l'eau étant extrêmement échauffée ne produiſe que des vapeurs, car elle produit auſſi beaucoup d'air & d'autres matières encore plus raréfiées, comme il a

été expliqué ci-devant; & c'est ce qui fait le vent des Eölipiles, & non pas les vapeurs aqueuses que ces matières raréfiées font sortir avec elles. Car les vapeurs, qui ne sont autre chose que de petites parcelles d'eau que la chaleur fait séparer du reste de l'eau, ne se changent point en air, & n'occupent pas davantage d'espace pour être plus raréfiées, puisque cette dilatation n'est à parler proprement qu'une séparation de ces petites parcelles; de la même manière que lorsqu'on jette en l'air une poignée de cendres ou de poussière dans une chambre, les petites parcelles de la cendre étant éparses, n'occupent pas plus de place dans la chambre que lorsqu'elles étoient dans la main, & ne poussent pas l'air au dehors pour se faire place. Et s'il étoit vrai que les vapeurs qui composent une nuée, fissent naître des vents, la nuée demeureroit immobile, & pousseroit des vents de toutes parts autour d'elle; ce qui est contraire aux observations; car on voit par expérience que les vents poussent & emportent les nuées d'un seul côté, & qu'ils occupent beaucoup plus d'espace en largeur que les plus grosses nuées. J'observai un jour étant au haut de la platte-forme de l'Observatoire, qu'il venoit une grosse nuée du côté du Couchant, dont on voïoit tomber une pluie fort épaisse: cette pluie tomboit à 300 pas de l'Observatoire, qu'on ne sentoit encore aucun vent considérable sur la platte-forme. Je descendis avec ceux qui étoient avec moi pour éviter l'orage, qui dura sept ou huit minutes, & lorsqu'il fut fini, je vis la nuée qui étoit passée, & qui étoit déja fort éloignée: mais il ne faisoit plus de vent considérable sur la platte-forme; ce qui me fit connoître manifestement, que c'étoit le vent qui avoit causé cette pluie, & que la nuée d'où tomboit la pluie, n'avoit pas produit le vent qui la poussoit; ce que j'explique en la manière suivante:

Lorsqu'il s'excite par quelque cause que ce soit, un vent assez grand en une partie de l'air proche de la terre, il chasse devant lui les vapeurs qu'il rencontre, & les amasse les unes contre les autres en peu de tems; car s'il souffle avec une vitesse à faire 20 ou 25 pieds par seconde, il peut passer 6 ou 7 lieuës en une heure; & former une nuée de plus d'une lieuë de longueur, comme étoit celle dont je viens de parler: & enfin lorsque les petites parcelles d'eau qui composent les vapeurs, sont très-pressées par le vent, il s'en forme des goutes de pluie, comme il a été expliqué ci-devant. D'où il s'ensuit que c'est le vent qui fait les nuées & les pluies, & que les nuées ne font point le vent.

Voici quelques conjectures qui me paroissent fort vrai-semblables sur les véritables causes des vents, lesquelles j'ai fondées sur plusieurs observations que j'ai faites ou fait faire, ou que j'ai tirées de plusieurs relations de voïages de mer.

Je suppose que quelque vitesse qui puisse être donnée à un espace d'air de la grosseur d'une nuée, il ne peut continuer un mouvement sensible au travers du reste de l'air immobile que jusqués à un quart de lieuë au plus; ce qui est aisé à prouver par expérience en poussant le

vent

vent d'un soufflet d'une extrémité d'une chambre vers l'autre.

Je suppose encore qu'il s'éléve plus de vapeurs des eaux des mers que des terres, & plus de fumées salpétreuses & sulfurées des terres découvertes, que de celles qui sont sous les eaux.

Cela étant supposé, je dis qu'il y a trois causes principales des vents, & quelques autres causes particulières & moins importantes. Les trois principales & générales sont:

1°. Le mouvement de la terre de l'Occident à l'Orient, ou, si l'on n'admet point cette hypothèse, celui du ciel de l'Orient à l'Occident.

2°. Les vicissitudes des raréfactions de l'air par la chaleur du soleil, & de ses condensations lorsque le soleil cesse de l'échauffer.

3°. Les vicissitudes des élévations de la lune vers son apogée, & de ses descentes vers son périgée.

Les causes particulières les plus considérables sont:

1°. Quelques élévations extraordinaires d'exhalaisons & de vapeurs de la terre en certains lieux.

2°. La chûte des grosses pluies, ou de quelques grêles grosses & épaisses.

3°. Les éruptions de quantité d'exhalaisons sulfurées & salpétreuses dans les tremblemens de terre.

4°. Les soudaines fontes des neiges dans les hautes montagnes.

Ces causes particulières fortifient les causes principales, ou diminuent & empêchent leurs efforts selon la diversité des lieux & des tems, par plusieurs combinaisons. Les éruptions des exhalaisons peuvent être fort irrégulières dans les périodes des tems, & dans leur quantité & leur force, comme on voit des irrégularitez dans les périodes des tremblemens de terre, & dans la variation de l'aiguille aimantée; & l'on peut rapporter les unes & les autres à quelques grands changemens qui se font de tems en tems dans l'intérieur de la terre. L'on voit aussi que les montagnes ardentes ne font pas leurs éruptions embrasées en des intervalles de tems limités & périodiques.

Par ces causes tant générales que particulières, on peut expliquer tous les vents, comme on le verra dans la suite.

Il est manifeste, que si la terre se meut autour de son centre d'Occident en Orient, la surface va beaucoup plus vîte sous la ligne équinoxiale, qu'au 30 ou 40 degré de latitude de part & d'autre; & que cette surface entraine avec soi l'air qui en est proche; mais avec un peu moins de vitesse; ce qui doit faire paroître un mouvement d'air d'Orient en Occident à ceux qui sont sous l'Equateur, jusques à une latitude de plus de vingt degrez de part & d'autre, puisque ce mouvement étant plus vîte que celui de l'air qui la suit, ils doivent sentir le choc de l'air qu'ils rencontrent successivement. Et c'est de là que peuvent procéder ces vents qu'on appelle Alizez, qui régnent presque toûjours entre les deux Tropiques; mais qui ont cette différence, que lorsque le soleil est au

Tro-

Tropique du Cancer, il se fait ordinairement un vent d'*Est-Nord-Est*, ou de *Nord-Est*, & que quand il est vers le Tropique du Capricorne, ce vent est ordinairement *Sud-Est*; ce qu'on explique aisément par la seconde cause, sçavoir la raréfaction de l'air excité par la chaleur du soleil: car lorsqu'il est dans les signes du Capricorne & du Sagittaire, il échauffe beaucoup l'air & les terres qui sont au-dessous; d'où il arrive que cet air étant extrêmement dilaté, & celui qui est sous les signes opposés s'étant condensé en même tems par le froid de l'hiver qui y règne alors, il se fait nécessairement un mouvement d'air du Midi vers le Septentrion, lequel se joignant au mouvement qui va d'Orient en Occident, il doit faire un vent composé des deux, sçavoir un *Sud-Est*, ou *Est-Sud-Est*: & au contraire quand le soleil est dans le Tropique du Cancer, il doit se faire un mouvement d'air du Septentrion vers l'autre Pole, qui se joignant au même mouvement de l'Orient à l'Occident, fait le vent de *Nord-Est*, ou d'*Est-Nord-Est*.

Les relations de quelques Pilotes portent, que les vents d'Occident règnent ordinairement dans la Mer Océane, depuis le 27e. degré jusques au 40e. J'explique ces vents en la manière suivante, prenant le 33e. degré de latitude pour exemple:

L'air qui est entre les deux Tropiques va un peu moins vîte vers l'Orient que la terre qui est au-dessous, puisqu'on n'y sent qu'un vent médiocre, qui ne fait pas ordinairement plus de huit ou dix pieds en une seconde; au lieu que la surface de la terre qui est sous l'Equateur, fait dans le même tems environ 1423 pieds; mais la surface de la terre au 33e. degré de latitude, ne fait que 1195 pieds; & par conséquent si l'air qui est en ce parallele, alloit aussi vîte que celui qui est sous l'Equateur, il iroit plus vîte que cette surface d'environ 228 pieds par seconde. Or si l'air du 33e. degré n'avoit son mouvement que de la terre qui est au-dessous qui l'entraine, on y sentiroit un vent d'Orient, dont la vitesse seroit d'environ 8 ou 10 pieds par seconde. Mais parce que l'air qui est depuis l'Equateur jusques au 10e. degré, entraine celui qui est à côté toûjours en diminuant jusques au 33e. degré; il peut arriver que cette diminution s'y réduise à 20 pieds par seconde, de manière qu'étant jointe à la diminution de 10 pieds par seconde en un sens contraire qui se feroit s'il n'y avoit point d'autre cause, l'air y sera poussé à faire 10 pieds par seconde, plus que la surface de la terre vers l'Orient, & qu'on y sentira un vent d'Occident, aussi grand que les vents Alizez le sont entre les deux Tropiques. Ajoûtez à cela, que les vents Alizez rencontrant les côtes de l'*Amérique* courbées en demi-lune depuis la *Cayenne* jusques au Golphe de *Mexique*, peuvent se réfléchir contre leurs hautes montagnes, & aider à produire ces vents d'Occident, & augmenter leur vitesse; & ces vents seroient perpétuels s'ils n'étoient empêchés quelquefois par une ou plusieurs des autres causes dont on a parlé ci-devant.

Il

Il y a beaucoup d'endroits entre les deux Tropiques où il se fait des vents extraordinaires qui viennent des terres vers la mer sur l'entrée de la nuit, & de la mer contre les côtes depuis que le soleil est levé jusques vers midi. On explique ces vents en la manière suivante:

Supposons une grande Isle qui soit au 15e. ou au 20e. degré de latitude, où les vents Alizez peuvent être foibles: le soleil échauffant les terres de cette Isle depuis midi jusques à 4 ou 5 heures du soir, & en même tems la mer qui en est proche; il ne se fait point de mouvement d'air sensible par cette cause: mais immédiatement après le soleil couché, l'air de la mer se condense beaucoup en se refroidissant, & les terres de l'Isle conservant long-tems leur chaleur, l'air qui est au-dessus, ne se condense que peu à peu, & beaucoup moins au commencement que celui de la mer; d'où il doit arriver qu'il se fera un vent par le mouvement de l'air de l'Isle qui coule pour remplir la place de celui qui s'est beaucoup condensé au-dessus de la mer voisine. Mais au moment que le soleil se léve, les terres de l'Isle étant refroidies par la longueur de la nuit, & l'air s'y étant beaucoup condensé, il se doit faire un reflux de l'air qui s'étoit avancé vers la mer, assez grand pour produire un petit vent venant de la mer contre les côtes.

Les vicissitudes des vents, ou leur flux & reflux, se remarquent encore, selon quelques relations, le long de la mer *Méditerranée* en de certaines saisons de l'année; car elles assûrent qu'il s'y fait un vent d'Orient le matin, & un vent d'Occident le soir. Le premier peut procéder de la dilatation de l'air qui se fait vers les païs qui sont orientaux à cette mer, sçavoir la *Natolie*, *l'Arabie*, &c. où le soleil est déja fort élevé, quand il se léve à l'égard du milieu de la *Méditerranée*; & cette dilatation peut faire sentir un vent d'Orient vers les Isles de *Malte* & de *Sicile*: mais deux ou trois heures après midi le vent d'Occident s'y doit faire sentir jusques bien avant dans la nuit, à cause de la dilatation de l'air par la chaleur du soleil, qui échauffe alors fortement les terres qui sont au-delà de cette mer en *Espagne* & en *Affrique*, & cesse d'échauffer celles qui sont vers l'Orient; d'où il arrive nécessairement qu'il se fait un reflux d'air de l'Occident vers l'Orient dans le milieu de la *Méditerranée*.

Dans le commencement de Novembre il se fait dans l'*Isle de France*, dans la *Bourgogne*, & dans la *Champagne*, des vents du *Sud* qui amènent de grandes pluies; parce qu'alors les terres vers le Pole Septentrional ne voïent plus le soleil, & l'air s'y condense beaucoup par un froid excessif: d'où il arrive que les terres de l'*Affrique* étant alors beaucoup échauffées, y poussent leur air plusieurs jours durant, & y en font amasser au-delà de l'équilibre, dont il reflue & fait un vent de *Nord-Est* assez doux à cause du vent du Midi qui y a porté un air chaud, lequel venant à refluer donne un beau tems & peu froid 3 ou 4 jours de suite; & c'est ce qu'on appelle l'*Eté de la Saint Denis* ou *de la Saint Martin*.

On peut aisément comprendre que lorsque le soleil luit à plomb sur un grand espace de terre, l'air qui est au-dessus, s'échauffe beaucoup, & s'étend de toutes parts en circonférence, & que l'air s'y refroidissant de toutes parts en circonférence, par l'absence du soleil, il y doit venir un reflux d'air. Ce flux & reflux de l'air se voit bien souvent en petit. Monsieur *Huggens* me dit un jour qu'il avoit observé que sa chambre étant bien fermée, son barométre qui étoit un de ceux qui font baisser leur liqueur par la plus grande pesanteur de l'air, & dont les changemens de hauteur sont fort sensibles, s'étoit baissé & haussé alternativement plusieurs fois en un quart-d'heure. J'en attribuai la cause à quelque vent qui s'étoit rabattu dans la cheminée de sa chambre, lequel y aiant pressé l'air, lui avoit donné une plus grande force de ressort qui avoit fait descendre la liqueur de son barométre; & cet air condensé aiant ensuite la liberté de s'étendre par la cessation de la cause, repassoit par la cheminée, & son ressort étant diminué la liqueur du barométre remontoit; & parce que le mouvement acquis par l'air qui remontoit par le tuyau de la cheminée en faisoit sortir beaucoup plus que selon la proportion de l'équilibre, il se faisoit de nouveau une descente de l'air par le même tuyau, qui mettoit encore la condensation de l'air de la chamdre au-delà de l'équilibre; & faisoit descendre la liqueur du barométre, & ainsi de suite, en diminuant peu à peu jusques à une entière réduction à l'équilibre.

J'ai vû un semblable effet dans un fourneau où l'on faisoit de la chaux; il étoit comme une petite chambre voûtée où il y avoit dans le milieu une fenêtre quarrée d'un pied & demi de largeur, par laquelle on jettoit le bois pour entretenir le feu. Il arrivoit que le feu étant grand, l'air enfermé se dilatoit extrêmement, & qu'il sortoit en partie par la fenêtre avec beaucoup de vitesse: & le feu s'étant alors diminué par le défaut de l'air, la chaleur de l'air enfermé diminuoit, & devenant par conséquent moins raréfié, il en rentroit nécessairement par la fenêtre en forme de vent qui souffloit le feu & le ralumoit; ce qui faisoit dilater l'air de nouveau par une augmentation de chaleur, & le faisoit ressortir encore par la fenêtre. Cette vicissitude faisoit une espéce de respiration semblable à celle des animaux. Ceux qui faisoient ce travail, me dirent que la même chose se faisoit dans tous leurs fourneaux à chaux, & ils me firent remarquer que les papillons & les autres animaux qui volent la nuit vers la lueur du feu, étant à un pied ou deux de la fenêtre, étoient entraînés dans le fourneau par l'air qui y rentroit avec une grande vitesse après en être sorti. Le tems de chaque respiration étoit trois ou quatre fois plus long que celui de la respiration des animaux.

J'ai remarqué par plusieurs observations, qu'à *Paris* & dans le voisinage, les vents font en 15 jours à peu près une révolution entière, soufflant successivement de toutes les parties de l'horison; & qu'aux nouvelles & pleines lunes le vent est presque toûjours *Nord* & *Nord-Est*: c'est-

c'est-à-dire, que s'il se fait un vent de *Nord* à la nouvelle lune, il passe à l'*Est* dans trois ou quatre jours, & ensuite au *Sud*, puis à l'*Ouëst*, & se remet au *Nord* vers la pleine lune, d'où il repasse successivement vers l'*Est*, le *Sud* & l'*Ouëst*, revient à la nouvelle lune au *Nord* ou au *Nord-Est*. Quelques-uns de ces vents tournent quelquefois un peu en arrière, comme de l'*Ouëst* au *Sud-Ouëst*, & du *Nord-Est* au *Nord*; & alors ces vents durent sept ou huit jours: mais ils ne font presque jamais un tour entier. Il arrive aussi quelquefois que le vent passe de l'*Ouëst* au *Nord-Est*, & de l'*Est* au *Sud-Ouëst*, sans que les vents d'entre-deux se fassent remarquer.

On peut expliquer ces révolutions de vents par la troisième cause principale, en la manière suivante:

Il est très-vrai-semblable que la lune se levant à son apogée doit entraîner beaucoup d'air après elle, si l'on suppose qu'elle nage dans l'air, & que son diamétre soit de 5 à 6 cent lieuës, comme les Astronomes l'assûrent: car en s'élevant elle doit entraîner l'air qui lui est proche, celui-ci l'air qui est au-dessous, jusqu'aux terres qui sont sous la Zone Torride; & par cette raison, l'air qui est proche des poles de part & d'autre y doit couler pour conserver l'équilibre du ressort; ce qui doit produire le *Nord* vers le milieu de la Zone Tempérée Septentrionale, lequel se joignant avec le vent d'*Est*, qui est produit par la même cause première, sçavoir par le mouvement de la terre, compose le *Nord-Est*, qui règne à *Paris* ordinairement dans les nouvelles lunes.

Il se doit faire encore un petit vent de *Nord* par le grand mouvement de l'air entraîné par la terre, depuis la ligne équinoctiale jusques au 50 ou 60e. degré. J'ai expérimenté que faisant tourner bien vîte une boule de plomb de deux pouces de diamétre proche d'un seau plein d'eau, il s'élevoit vers la boule de petites saletez qui étoient au fond du seau: & aiant suspendu une boule de 8 pouces de diamétre, & la faisant tourner médiocrement vîte, il se faisoit un grand mouvement d'air à côté, & un autre fort petit de bas en haut vers le pole de la boule; ce que je connoissois par de petits duvets posés sur le haut d'un petit bâton perpendiculaire, distant de deux ou trois pouces de la boule, lesquels se mouvoient comme pour se lever vers elle; mais ce vent étoit très-foible. D'où l'on peut juger que l'air vers les poles se meut contre la terre, & peut s'étendre jusques au 50e. degré, & puis incontinent après que cette cause a cessé, & avant que le reflux de l'air élevé par la lune revienne vers les poles, le mouvement de la terre d'Occident en Orient peut faire paroître un vent d'*Est* seul, qui d'ordinaire ne dure qu'un jour ou deux: car la lune revenant à son périgée, pousse réciproquement l'air vers les poles; & il se fait au commencement un *Sud-Est* par la combinaison de ce mouvement d'air vers les poles, & de celui qui vient de l'Orient. Le *Sud* prédomine ensuite jusques à ce que le grand mouvement des vents d'Occident qui règnent

gnent jusques au 40e. degré, comme il a été dit, & qui peuvent quelquefois s'étendre à huit ou dix degrez plus loin, s'avançant un peu vers les climats septentrionaux, & se mêlant avec les vents du *Sud*, fassent le *Sud-Ouëst*; & le reflux du *Sud* étant cessé, le seul vent d'*Ouëst* peut régner jusques à ce que le reflux de l'air, que le *Sud* avoit poussé vers le *Nord*, joint à celui qui est entraîné par l'élévation suivante de la lune vers son apogée, & par le petit mouvement dont il a été parlé, fasse le *Nord* & le *Nord-Est*, comme à la nouvelle lune. Cette période & vicissitude des vents arrive deux fois à chaque mois lunaire. Je l'ai observé pendant plusieurs années; & quoiqu'il y arrive quelques irrégularitez par les combinaisons des causes particulières, j'ai presque toûjours trouvé que le *Nord-Est* régnoit aux nouvelles & pleines lunes, & le *Sud* & l'*Ouëst* aux quadratures: mais on doit remarquer que comme dans les rivières où le flux de la mer est poussé bien haut, le reflux commence à se faire vers leurs embouchures pendant que le flux monte encore aux endroits les plus éloignés; ainsi le *Nord* ou le *Nord-Est* ne soufflent pas à *Paris* en même tems que la lune est à son apogée, & que ce n'est qu'après qu'elle s'est beaucoup raprochée de la terre. Il est encore aisé de juger, que lorsque la lune est vers le Tropique du Capricorne dans sa plus grande latitude Australe, l'air qu'elle éléve alors ou qu'elle repousse, met beaucoup plus de tems à faire sentir son mouvement vers les païs septentrionaux, que lorsqu'elle est à sa plus grande proximité du Pole Boréal, & même que le mouvement peut être trop foible pour s'étendre jusques vers le 50e. degré de latitude Septentrionale. J'ai observé quelquefois à *Paris*, que le vent aiant été *Nord-Est* 7 ou 8 jours de suite, & que les vents du *Sud* devant souffler à leur tour, le *Nord-Est* régnoit encore par bas: mais il y avoit des nuées fort élevées qui étoient poussées en même tems par le *Sud*, mais fort foiblement; ce qui me fit juger que vers le 40e. degré de latitude le *Sud* & le *Sud-Ouëst* pouvoient être alors assez grands pour y régner seuls. Il doit arriver aussi que les élévations inégales de la lune feront des différences considérables à l'égard de ces vents, tant pour leurs forces, que pour les jours où ils doivent régner. Il est même nécessaire qu'il arrive beaucoup d'irrégularitez dans ces vents par le mêlange des causes particulières dont il a été parlé; mais ces vents doivent être moins irréguliers dans les lieux où il y a peu de montagnes, comme dans l'Isle de *France* & dans la *Champagne*, que dans les lieux fort montagneux.

Le mouvement des vents n'est jamais uniforme, non plus que le courant des rivières, & il s'y fait de la même manière des vagues & des tournoïemens qu'on appelle des tourbillons qui ont de différentes vitesses. On observe dans les grands orages, que dans une largeur d'un quart de lieuë où la plûpart des arbres ont été abattus, il y a des intervalles où il n'y en a point d'abattus, parce que le vent y a été moins violent.

On

On remarque auſſi que tous les vents ſoufflent à repriſes & par bouffées; ce qu'on reconnoît même par le ſon des cloches, qu'on entend s'affoiblir ou s'augmenter dans de petits intervalles de tems. En voici les cauſes. Suppoſons qu'un grand vent aiant beaucoup de largeur rencontre vers G des maiſons & de petites éminences, qui le faſſent réfléchir en quelques endroits, & faire des vagues non paralleles, comme A, B, C, D; il eſt évident que le reſſort qu'elles feront par leur rencontre en B, fera aller plus vîte la vague BD, & que celle qui eſt dans la direction GB, choquera enſuite bien plus foiblement l'oreille en B. La même choſe doit arriver en tous les autres endroits du vent. TAB. XIII. Fig. 2.

Il arrive quelquefois que lorſqu'un grand vent en rencontre à côté un autre plus foible, ſoit qu'il lui ſoit oppoſé ou non, il emporte l'air qui lui eſt le plus proche, & le fait tourner en rond avec une grande viteſſe; & ce tournoïement d'air, qu'on appelle un tourbillon, s'avance avec le vent le plus fort, & enléve tout ce qu'il enveloppe qui n'a pas beaucoup de peſanteur, comme la pouſſière, les feuilles ſéches, & même des tas de foin tout entiers, qui vont quelquefois tomber à plus d'un quart de lieuë de diſtance. Ces tourbillons enlévent auſſi quelquefois une grande quantité de l'eau de la mer, qui paroît à ceux qui la voïent de loin, comme une grande colomne d'eau.

On voit un exemple de ces vents qui vont à côté l'un de l'autre en un ſens contraire, dans de certaines cheminées lorſqu'on y fait un grand feu, la chambre demeurant fermée: car l'air raréfié & la flamme qui s'élévent, font ſuivre une partie de l'air de la chambre; & celui qui reſte étant trop dilaté par ce moïen, il faut néceſſairement qu'il en revienne de haut en bas par la cheminée, lequel ramène une partie de la fumée, & la repand par la chambre; & ordinairement la fumée & l'air raréfié montent d'un côté, & l'air peſant deſcend par l'autre avec une partie de la fumée, ce qu'on évite en laiſſant la porte ou une fenêtre à demi ouverte: car l'air qui y entre, ſuit le mouvement de la fumée par la cheminée, & remplit ſuffiſamment la chambre; & s'il y avoit ſeulement un trou d'un pouce de diamétre dans la fenêtre ou dans la porte pour laiſſer entrer l'air du dehors, il s'y feroit un vent ſi grand qu'il éteindroit les chandelles qu'on y expoſeroit.

Lorſque le vent rencontre un obſtacle comme une grande muraille, il change ſa direction, & ſe rabat au-delà de cet obſtacle, comme on le voit dans la figure 3e. de la Table XIII, en laquelle AB repréſente la muraille, & les lignes CA, GH, IL, FB, la direction du vent étant libre. Or il eſt évident que l'air ſe met en reſſort entre A & B, & que ne pouvant s'étendre vers en-bas, il s'étend du côté de CA, comme juſques à DE; & l'air qui eſt vers R aiant peu de mouvement, celui qui eſt en DEM, y eſt pouſſé par celui qui eſt plus haut de M en N, comme on le voit arriver à l'eau, au-delà des piles des ponts où elle eſt fort rapide. TAB. XIII. Fig. 3.

De-là il s'ensuit, que si du côté que vient le vent, il y a une muraille plus haute qu'une cheminée, la fumée en sort difficilement, parce que le vent rabat en tourbillon après avoir passé la muraille, & entre avec force dans le tuyau de la cheminée; & quand même le mur seroit de niveau avec la cheminée, & un peu éloigné, il feroit à peu près un semblable effet, comme on le peut juger par la figure 4e. en laquelle AB marque la direction du vent, BC est le mur opposé à cette direction, DE sont deux tuyaux de cheminée à même hauteur que le mur. Le vent qui rencontre le mur, est repoussé comme en FG, & n'entre point dans la cheminée D; au contraire il entraîne avec violence la fumée qui en sort: mais le vent supérieur AB qui conserve sa violence le rencontrant en G, le fait aller en tourbillon, & lui donne le mouvement en rond GHE, & par conséquent il se rabat dans la cheminée E, & empêche la fumée d'en sortir. Que si le vent frappe obliquement la muraille qui est au-devant des cheminées, la fumée montera assez librement: car la partie du vent AB se réfléchira par le côté, & ne s'élévera point ou fort peu; & par conséquent il ne fera point de tourbillon considérable qui rabatte les fumées.

T.AB. XIII. Fig. 4.

La diversité des vents qui règnent en même tems en différents endroits, procéde de plusieurs causes.

La première est, que les vents vont toûjours par un grand cercle; d'où il est aisé de juger, que si un même vent d'*Oüest* ou *Sud-Oüest* faisoit le tour de la terre, il paroîtroit fort différent dans les lieux fort éloignés les uns des autres.

La seconde cause est, qu'un grand vent soufflant en un endroit entraîne l'air qui est deçà & delà en le poussant un peu à côté, comme l'on voit que dans les rivières, lorsque le milieu va très-vîte, il pousse des vagues un peu obliquement vers les rivages.

La troisième cause est, lorsque dans deux endroits de la terre éloignés l'un de l'autre d'environ 100 lieuës, il se fait une grande élévation de vapeurs & d'exhalaisons qui poussent l'air en circonférence, soit en même tems, soit dans l'intervalle de quelques heures, il s'étend nécessairement deux vents contraires de l'un de ces lieux vers l'autre, lesquels s'étant rencontrés refluent des directions opposées.

La quatrième cause est la rencontre des hautes montagnes, qui font réfléchir les vents, & leur font suivre leurs directions. On en voit un exemple dans le lac de *Genéve*, qui s'étend entre deux rangs de hautes montagnes par l'espace de douze grandes lieuës depuis *Genéve* jusques à *Lauzane*: car il n'y règne presque jamais que deux vents, qui se succédent l'un à l'autre, & vont selon la direction du lac; qui pourroient même aller l'un contre l'autre vers le milieu du lac, s'il faisoit un vent à *Genéve* qui fût un peu oblique à la direction des montagnes, & un autre à *Lauzane* qui fût oblique en un autre sens, comme si EF, IH sont les vents, ABCD les montagnes; car EF se réfléchissant en FG, &

TAB. XIII. Fig. 5.

& I H en H L, ces vents seroient contraires vers M N.

La même chose arrive au port d'*Ambleteuse* proche de *Calais*, où l'*Ouëst-Sud-Ouëst* souffle environ les trois quarts de l'année, à cause que les côtes d'*Angleterre* & celles de *France*, qui leur sont opposées en cet endroit, ont cette direction; & à dix lieuës de-là il peut faire un vent de *Sud-Est* ou de *Nord*.

J'ai fait faire des observations près de la verrerie de *Cherbourg*, lesquelles m'ont fait connoître qu'il n'y règne que deux vents opposés qui se succédent alternativement, sçavoir le N E & S O; ce qui arrive par la même cause des directions de quelques montagnes.

Monsieur *Varin*, qui a fait des observations en l'Isle de la *Gorée* proche le *Cap-Verd*, m'a assûré que le vent de *Nord-Ouëst* y règne souvent au lieu des vents d'Orient; ce qui procéde de ce qu'il y a de hautes montagnes à une lieuë de distance de cette Isle du côté du *Nord-Ouëst*, qui réfléchissant vers elle les vents Alizez, *Est* ou S E, y font sentir un *Nord-Ouëst* lorsque ces mêmes vents Alizez se font sentir en même tems à dix lieuës au-delà de cette Isle en pleine mer. J'ai encore appris par plusieurs relations, que quand des vaisseaux passent le long des côtes de *Génes*, où il y a de très-hautes montagnes, dont quelques-unes ont entre elles de longues vallées, qui ont leur direction vers la mer; on sent un vent considérable qui vient des terres vers les vaisseaux quand ils sont vis-à-vis de quelqu'une de ces vallées.

J'ai connu encore de grandes diversitez de vents en même tems par les observations faites à *Varsovie* en *Pologne* par M. *Desnoyers*, & à *Abordon* en *Ecosse* par M. *Gregori*, en les comparant à celles que je faisois à *Paris* en même tems: car souvent les vents y sont différents de ceux de *Paris* de la huitième partie de la boussole; comme si le vent est S O à *Paris*, il fera *Ouëst* à *Abordon*. Les vents sont quelquefois opposés à *Paris* & à *Varsovie*; le vent étant un jour *Sud-Ouëst* à *Paris* il étoit *Nord-Est* à *Varsovie*; ces villes sont situées à peu près O S O, & *Est-Nord-Est* à l'égard l'une de l'autre: d'où il s'ensuit que ces vents s'étoient presque rencontrés directement en quelque endroit de l'*Allemagne* proche de la *Pologne* ou de la *France*. J'ai encore remarqué cette opposition de vent en un même endroit en faisant voïage, par le moïen de beaucoup de neige qui étoit tombée la nuit; car on voïoit qu'elle avoit été poussée dans l'espace d'une lieuë par un *Sud-Est*, que dans la lieuë suivante il y avoit eu un calme, & que dans les trois ou quatre lieuës suivantes, la neige avoit été poussée par un *Nord-Ouëst*; ce que je connoissois aisément aux tiges & aux grosses branches des arbres qui n'avoient de la neige que du côté d'où le vent étoit venu.

J'ai remarqué encore un semblable effet par des observations faites en même tems à *Paris*, à *Loches*, & au Mont de *Marsan* en *Guyenne*; car un *Sud-Sud-Ouëst* aiant régné trois jours de suite en ces trois lieux qui sont dans la direction à peu près de S S O au *Nord-Nord-Est*, il se fit

un

un *Nord-Nord-Est* à *Paris*, le SSO régnant encore à *Loches* & au Mont de *Marsan*: le lendemain le *Nord-Nord-Est* étoit à *Loches* & à *Paris*, & SSO au Mont de *Marsan*; & enfin le troisième jour, le *Nord-Nord-Est* souffloit en ces trois villes: d'où je connus manifestement que les vents se repoussent quelquefois les uns les autres, & que le plus fort emporte celui qui lui est opposé. Dans les mêmes observations correspondantes, j'ai remarqué qu'un vent d'*Ouëst* violent aiant régné à *Loches*, il y faisoit en même tems à *Paris* un *Ouëst-Sud-Ouëst*, & un *Ouëst-Nord-Est* au Mont de *Marsan*; ce qui se rapporte à la seconde cause de la diversité des vents.

J'ai reconnu souvent une grande diversité de vents en même tems dans un même lieu, lorsqu'il y avoit deux ou trois étages des nuées; ce qui se peut expliquer en supposant que les nuées élevées sont ordinairement poussées par les vents de Midi, & que les plus basses sont poussées par le Nord: car quand cela arrive en même tems, les nuées du premier & du deuxième étage doivent aller en un sens contraire, & cela n'empêche pas que des nuées beaucoup plus élevées ne puissent être poussées par un vent d'Orient qui règne toûjours quand il n'est point empêché par d'autres causes, ou par un vent d'*Ouëst* produit par la troisième cause principale, ou par quelqu'autre cause particulière.

Pour bien remarquer cette diversité de mouvement des nuées, il faut regarder la pointe de quelque clocher, ou quelque autre objet fixe fort élevé, afin de pouvoir comparer les divers mouvemens des nuées supérieures & inférieures. Car autrement on pourroit croire que deux nuées différemment éloignées de la terre, iroient selon des directions opposées, quoiqu'elles fussent portées du même côté; parce que les supérieures paroissent aller plus lentement que celles qui sont au-dessous quoiqu'elles aillent aussi vîte, & cette apparence de retardement pourroit faire juger qu'elles iroient en un sens opposé. On peut supposer que le vent d'Orient n'est proprement qu'une apparence de vent, puisque le mouvement de l'air va du même côté que la surface de la terre.

Cette contrariété des vents en un même lieu dans différentes élévations de l'air, peut procéder de ce qu'un grand vent qui est porté le long d'une vallée, & qui par conséquent a peu de largeur & d'élévation, en peut rencontrer une autre qui occupe dans l'air un espace beaucoup plus grand; & alors le vent inférieur peut forcer une partie de l'autre, sçavoir celle qui est proche de la terre, lui laissant son cours libre dans le haut de l'air où sont les nuées élevées: mais quand deux vents contraires sont également forts & de même largeur & hauteur, ils s'arrêtent l'un l'autre & font un calme à l'endroit de leur rencontre, & y aiant amassé beaucoup d'air ils le pressent & le mettent en ressort; d'où il arrive que cet air, pour se mettre en liberté, reflue de part & d'autre, & fait deux autres vents contraires qui ont leur origine en cet endroit.

S'il

S'il fait un vent de *Sud* en hiver qui vienne de loin, il peut pouſſer des nuées fort élevées, parce que ſoufflant en ligne droite ſelon une tangente, il s'éloigne de la terre de plus en plus en s'avançant; & enfin aiant beaucoup condenſé l'air ſupérieur, le reſſort de cet air peut faire un vent de *Nord* proche de la terre qui pouſſera de la pluie ou de la neige; ce que j'ai vû arriver pluſieurs fois. On pourra expliquer de même tous les vents qui règnent par toute la terre par ces différentes cauſes, tant générales que particulières.

A l'égard des orages & des grandes tempêtes, il eſt difficile de les expliquer par des cauſes ordinaires. On remarque que lorſqu'en Eté il fait des pluies épaiſſes & à groſſes goutes, elles ſont toûjours accompagnées d'un vent très-violent qui les précéde de quelques ſecondes, & que ſa violence ceſſe auſſi-tôt que la nuée eſt paſſée. J'explique ces orages, dont quelques-uns ſont capables de renverſer des arbres & enlever les toits des maiſons, en la manière ſuivante:

Lorſque deux vents aſſez larges inclinés l'un à l'autre de 15 ou de 16 degrez viennent de loin, & qu'aiant ramaſſé & pouſſé devant eux toutes les vapeurs qu'ils rencontrent, & en aiant formé chacun une nuée épaiſſe, ils viennent à ſe rencontrer; ils condenſent l'air dans le lieu de leur rencontre, & le mettent en un grand reſſort, & ſelon les régles de la percuſſion ils le font aller plus vîte d'un tiers à peu près que chacun d'eux. Suppoſant donc que ces vents aillent d'une viteſſe à faire 24 pieds en une ſeconde, qui eſt la viteſſe ordinaire des vents incommodes, & contre leſquels on a peine d'aller; le vent compoſé des deux ira avec une viteſſe à faire 32 pieds en une ſeconde, & la nuée épaiſſe qu'ils pouſſent étant élevée d'une demi lieuë ou d'un quart de lieuë, les goutes de pluie qui s'y forment, ſont groſſes d'environ trois lignes de diamétre, & acquiérent leur viteſſe complette à pouvoir faire 32 pieds par ſeconde après 100 pieds de deſcente, comme il a été expliqué à la fin du *Traité de la Percuſſion*. Chaque goute entraîne en tombant depuis la hauteur de la nuée deux ou trois fois autant d'air qu'elle eſt groſſe; ce qui ſe prouve par l'expérience d'une petite balle de plomb qu'on laiſſe tomber dans un ſeau d'eau: car dès qu'elle a touché le fond, il s'en éléve deux ou trois bulles d'air auſſi groſſes qu'elle, leſquelles ne peuvent procéder que de l'air qui la ſuit juſques au fond de l'eau. Or l'on ſçait que dans beaucoup de lieux on ſe ſert de certains ſoufflets pour faire fondre la mine de fer dans les fourneaux par la ſeule chûte de l'eau; ce qui ſe fait ainſi: On a un tuyau de bois ou de fer blanc de 14 ou 15 pieds de hauteur & d'un pied de diamétre, qui eſt ſoudé dans une médiocre cuve renverſée, dont le bas eſt poſé ſur un terrain, en ſorte que pour peu d'eau qui y tombe, elle ferme les ouvertures, & l'air n'y peut plus paſſer: on laiſſe au haut du tuyau une ouverture de trois ou quatre pouces de diamétre, dans laquelle on met un entonnoir, dont le goulet eſt de la même groſſeur; & on y fait tomber de 15, 20, ou 30 pieds de hau-

hauteur l'eau de quelque fontaine, dont la largeur en tombant eſt à peu près égale à l'ouverture de l'entonnoir, en ſorte qu'il ne peut s'y amaſſer de l'eau que de 5 ou 6 pouces de hauteur. Cette eau tombant entraîne avec elle beaucoup d'air, qui la ſuit juſques au-deſſous de l'entonnoir, & même juſques au fond de la cuve, lequel ne peut reſſortir par l'entonnoir à cauſe de la peſanteur de l'eau qui continue de tomber, & de la viteſſe de ſon mouvement: on met à côté de la cuve un tuyau qui va en étréciſſant juſques auprès du trou du fond du fourneau, où le charbon doit être ſoufflé; & l'air preſſé & enfermé dans la cuve, ne pouvant ſortir par en-haut à cauſe de la chûte impétueuſe de l'eau qui occupe le trou de l'entonnoir, ni par en-bas à cauſe de l'eau qui s'y amaſſe, & qui s'éléve d'un pied ou de deux par-deſſus les fentes qui reſtent entre la terre du fond & les douves de la cuve, il eſt contraint de ſortir avec une très-grande force par le bout du canal, de manière qu'il fait le même effet pour ſouffler le charbon, que les plus grands ſoufflets de cuir dont l'on ſe ſert ailleurs. Il doit donc arriver que l'eau qui tombe de la nuée en groſſes goutes & en grande abondance, entraînant beaucoup d'air, comme il a été prouvé, cet air ne peut remonter quand il eſt proche de la terre, à cauſe des autres goutes qui tombent avec impétuoſité: il ne peut auſſi s'étendre vers le derrière de la nuée, parce qu'il eſt ſoûtenu par le grand vent qui la chaſſe; ni même par les côtez ou fort peu, parce que le même vent preſſe la nuée par les deux côtez. Il reſte donc que tout ſon effort ſe faſſe vers le devant de la pluie, & que cet effort joint à celui du vent qui emporte la nuée, ſoit environ deux fois plus vîte que le vent qui la pouſſe, & que ce vent augmenté faſſe plus de 60 pieds en une ſeconde; alors il peut renverſer des arbres, comme on le prouvera enſuite. Il ne peut précéder la pluie que d'environ trois ou quatre cent pas pour l'ordinaire, par la raiſon qui a été dite, qu'un eſpace d'air de telle viteſſe qu'il ſoit pouſſé, ne peut continuer ſon mouvement bien loin en ligne droite ſi la cauſe de l'impulſion ceſſe. Je me ſuis confirmé dans cette hypothèſe en voïant d'un lieuë de diſtance une nuée épaiſſe d'où il tomboit de la pluie: car du côté d'où venoit le vent, les goutes tomboient preſque toutes droites: mais dans le milieu & juſques aux premières goutes, elles faiſoient un angle de plus
TAB. XII I. Fig. 6. de 45 degrez comme en la figure 6e, à laquelle AB eſt la nuée, BD le côté d'où vient le vent, & GH les goutes les plus avancées.

La même choſe doit arriver par la grêle; & même ſi elle étoit fort épaiſſe, & les grains fort gros, ils entraîneroient davantage l'air du haut en bas, & feroient une tempête encore plus impétueuſe, dont la viteſſe pourroit être de 75 pieds par ſeconde. Les grands vents qui ſe font ſans pluie, peuvent procéder de la combinaiſon de trois ou quatre cauſes, & ils viennent ordinairement du *Sud-Sud-Ouëſt*. Il peut donc arriver qu'en même tems il s'éléve une très-grande quantité de vapeurs & d'exhalaiſons dans l'*Affrique*; qu'il y faſſe très-chaud trois ou quatre

tre jours de suite; que les terres septentrionales se refroidissent; & que la lune descendant vers son périgée de son plus haut apogée, il se fasse un reflux de l'air qui a été porté par un *Nord-Est*: ces quatre causes ensemble feront un vent assez impétueux qui régnera successivement depuis l'*Affrique* jusques en *Angleterre*.

J'observai un jour une grande tempête à *Paris* venant du *Sud*, & j'appris ensuite par des relations assûrées, que deux ou trois jours auparavant il s'étoit fait un furieux orage vers les côtes d'*Alger*: cette ville est à peu près dans le même Méridien que *Paris*; si ce vent faisoit 30 pieds par seconde, il pouvoit arriver en deux jours d'*Alger* à *Paris*. Pour expliquer les ouragans qu'on sent presque tous les ans dans quelques-unes des Isles *Antilles*, il faut avoir recours à quelques autres causes: 1°. parce que ces tempêtes sont beaucoup plus violentes, & font plus de 100 pieds en une seconde: 2°. qu'elles ne durent que sept ou huit heures: 3°. qu'elles ne se font guéres souvent ailleurs, que dans quelques-unes de ces Isles: 4°. qu'elles commencent ordinairement par un *Nord-Ouëst*, qui se change successivement en d'autres vents, sçavoir l'*Ouëst*, le *Sud-Ouëst*, le *Sud*, le *Sud-Est*, le *Nord-Est*, & le *Nord*: 5°. qu'on trouve dans les mers voisines de ces Isles quantité de poissons morts, & qu'on y sent des tremblemens de terre. De toutes lesquelles circonstances on peut conjecturer, que de la terre qui est au fond de ces mers, il se fait des éruptions d'exhalaisons salpétreuses & sulfurées en plusieurs endroits successivement qui ne peuvent être remarquées, parce que les vaisseaux qui se trouveroient en ces endroits, seroient submergés: & il peut arriver que les premières éruptions s'étant faites du côté des terres du continent de l'*Amérique*, le vent qu'elles excitent du *Nord-Ouëst*, peut se réfléchir contre les côtes de la *Cayenne*, & celles qui en sont voisines; & s'y faisant en même tems de nouvelles éruptions, les premières aiant cessé, le vent doit augmenter & venir du côté de l'*Ouëst*, comme l'assûrent ceux qui en ont senti les effets; & ces éruptions de feux & d'exhalaisons salpétreuses & sulfurées doivent faire mourir quantité de poissons aux endroits où elles s'élévent. Ceux qui auront vû plusieurs de ces ouragans, & qui en auront remarqué beaucoup d'autres circonstances, pourront les expliquer avec plus de certitude.

SECONDE PARTIE.

DE L'ÉQUILIBRE DES CORPS FLUIDES.

PREMIER DISCOURS,

De l'Equilibre des Corps Fluides par la pesanteur.

Pour bien expliquer l'équilibre des corps fluides entre eux ou avec les autres corps, on peut se servir des régles suivantes:

I. RÉGLE.



N corps ne résiste à être élevé de bas en haut, que selon qu'on l'éloigne du centre de la terre, & on peut mouvoir un corps très-pesant avec une très-petite force, si on ne lui fait point changer de distance à l'égard de ce même centre.

L'expérience s'en fait en cette sorte:

Aïez un grand baquet plein d'eau dans un lieu fermé où il ne fasse point de vent: faites nager sur la surface de l'eau le vaisseau G grand & pesant, & y attachez un très-petit fil de soie HI, & le tirez en sorte qu'il ne se rompe pas, c'est-à-dire, avec très-peu de force; le vaisseau G suivra le filet: & quoiqu'il se fasse de petites vagues dans l'eau du baquet, & qu'il faille un peu de force pour la diviser; cela n'empêchera pas que le vaisseau n'aille assez vîte quand il sera proche du point D, si on accélére peu à peu son mouvement. Il est vrai que si on vouloit donner d'abord une vitesse considérable au vaisseau G, on romproit le filet, & même une corde assez forte, presque de même que si elle étoit attachée à un corps inébranlable; parce qu'un corps fort pesant ne peut recevoir un grand mouvement tout à coup que par une très-grande force.

TAB. XIII. Fig. 7.

On confirmera encore cette vérité, si on suspend un très-grand poids à une longue corde en un lieu ouvert; car le moindre vent lui donnera du mouvement, quoiqu'il ne puisse se mouvoir sans s'éloigner un peu plus du centre de la terre que quand il est en repos. De-là on voit la raison pourquoi il est facile de soûtenir une boule comme D très-pesante

TAB. XIII. Fig. 8.

te sur un plan fort incliné, comme AB: car étant traînée ou poussée depuis A jusques à B, elle ne s'éléve à l'égard du centre de la terre, que de la ligne BC, qu'on suppose perpendiculaire à la ligne horisontale AC; au lieu que si on l'avoit élevée perpendiculairement en même tems jusques à une hauteur égale à AB, elle auroit agi par toute sa pesanteur, & il auroit falu une force beaucoup plus grande pour l'élever.

II. RÉGLE.

SI deux corps sans ressort de même matière se choquant horisontalement & directement ont leurs quantitez de mouvement égales, c'est-à-dire, si leurs vitesses sont réciproques à leurs grosseurs, au moment du choc ils feront équilibre: on suppose, que les corps d'une même matière ont leurs poids proportionnés aux quantitez de leurs matières.

Suivant cette régle, si un poids de deux livres allant avec une vitesse de quatre degrez en rencontre directement & horisontalement un autre de quatre livres qui ait deux degrez de vitesse, ils s'arrêteront l'un l'autre, & feront équilibre. Mais si le premier de deux livres va six fois plus vîte qu'un autre de dix livres, il l'emportera; car le produit de 2 par 6, qui est douze, est plus grand que le produit de 10 par l'unité; on suppose que ces poids s'attachent ensemble en se rencontrant. De-là on prouve facilement le principe de Méchanique, qui a été mal prouvé par *Archiméde*, par *Galilée*, & par plusieurs Auteurs; sçavoir, que lorsqu'en une balance les poids sont réciproques à leurs distances du centre de la balance, ils font équilibre. Car soit la balance BAC; A le centre du mouvement; AC quadruple de AB; le poids B quadruple du poids C. Je dis que l'un des poids n'emportera pas l'autre: car que le poids B, s'il est possible, emporte l'autre: or il ne peut se mouvoir avec quelque vitesse que ce soit par l'arc BD en descendant, qu'il ne fasse aller le poids C 4 fois plus vîte par l'arc CE, puisque le demi diamétre AC est quadruple du demi diamétre AB, & alors les quantitez de mouvement de ces deux corps seroient égales, & une quantité de mouvement en auroit forcé une qui lui seroit égale; ce qui est impossible, puisqu'elles doivent faire équilibre par cette seconde régle. Par la même raison le poids C ne pourra descendre: mais si on l'éloigne un peu plus du point A, il descendra; car alors il pourra donner à l'autre poids une moindre quantité de mouvement que celle qu'il prendra, & par conséquent il le forcera. Et c'est une chose assez étrange que le poids B étant de trente livres & le bras AB d'un pied, on ne pourra soûtenir ce poids en mettant la main dessous, & qu'on soûtiendra facilement le poids d'une livre à 31 pieds du point A, si le poids B est ôté; car il n'aura que le poids d'une livre quand même on le mettroit à 100 pieds de distance du point A: & cependant si l'on met

TAB. XIII. Fig. 9.

 en

en même tems le petit poids à 31 pieds de distance du point A, & le gros à un pied, le petit emportera le grand; ce qui ne peut arriver que parce qu'il est disposé à donner en descendant une moindre quantité de mouvement au poids B que celle qu'il prend, & qu'ils agissent tous deux de toute la force de leurs poids par la première régle, parce qu'ils ont une même direction vers le centre de la terre.

III. RÉGLE.

Lorsque deux poids n'ont pas la même direction vers le centre de la terre, & qu'ils sont disposés en sorte que l'un ne puisse se mouvoir, qu'il ne fasse mouvoir l'autre aussi vîte; il ne faut pas estimer la force de chacun par sa simple quantité de mouvement, mais par une quantité de mouvement respective, qui se trouve en multipliant chaque poids par sa vitesse à l'égard de son approche ou de son recul du centre de la terre.

EXPLICATION.

TAB. XIII. Fig 10. A est un poids suspendu à la poulie B par EBA, qui soûtient aussi la boule CD par le moïen de deux cordelettes attachées à l'essieu de la boule, & au point E de la corde ABE. HG est une ligne horisontale. HF est perpendiculaire. EB est parallele au plan incliné GF représenté par la ligne GF. Il est manifeste que la boule est disposée à aller aussi vîte que le poids A, soit que le poids A descende, ou que la boule en descendant le fasse monter; mais lorsqu'elle aura parcouru l'espace FG en descendant obliquement; elle ne se sera approchée du centre de la terre que de la distance FH: on considére tous les points de la ligne HG de deux ou trois pieds de longueur, comme s'ils étoient également distans du centre de la terre, à cause que la différence en est insensible. Afin donc de sçavoir les forces de ces poids ou leurs quantitez respectives de mouvement, il faut multiplier le poids de la boule CD par la longueur FH, & celui de la boule A par une longueur égale à FG, puisque cette dernière boule fait autant de chemin en montant ou en descendant que la boule CD, & qu'elle va directement vers le centre de la terre. Or si FG est triple de FH, & que le poids de CD soit triple du poids A, on verra qu'il se fera équilibre entre ces poids; ce qui procéde des causes expliquées dans les deux premières régles. Que si l'on ajoûte quelque petit poids ou au poids A, ou au poids B, il descendra & fera monter l'autre faisant abstraction du frottement de la poulie & de l'essieu. On expliquera de même les équilibres qui doivent arriver quand le plan FG sera plus ou moins incliné, en y appliquant les mêmes régles, lesquelles on pourra appeller principes d'expérience ou loix de la nature.

TAB. XIII. Fig. 11. Que si les poids comme A&B, en la figure 11e, sont sur des plans dif-

différemment inclinés, comme CD, CF; DF étant ſuppoſée horiſontale & CG perpendiculaire à DF; il faudra pour faire l'équilibre que le poids B ſoit au poids A comme la ligne CF à la ligne CD, & on le prouvera par les mêmes régles. Car ſi FH eſt priſe égale à CD & qu'on tire HI parallele à CG, il eſt manifeſte que pendant que le poids B iroit de F en H, le poids A iroit de C en D. Donc CG ſeroit la meſure de la viteſſe du poids A à l'égard du centre de la terre, & HI celle du poids B allant de F en H en même tems. Mais comme FC à FH, ainſi CG à HI; & par la troiſième régle le poids B doit être au poids A, comme CG à HI, c'eſt-à-dire, comme FC à CD pour faire l'équilibre. Et par conſéquent ces poids ainſi diſpoſés s'arrêteront l'un l'autre.

La même choſe arrivera à des poids attachés aux extrémitez des rayons d'une roue: c'eſt-à-dire, qu'afin que le poids A ſitué à l'extrémité du rayon KA faſſe équilibre avec le poids B, la ligne AK étant horiſontale & la ligne BK élevée de ſoixante degrez ſur AKF; il faut que le poids B ſoit double du poids A. Car la ligne BF étant tirée perpendiculaire au rayon KB juſques à ce qu'elle rencontre la ligne AKGF, le plan BF ſera élevé de 30 degrez, & la perpendiculaire BG ne ſera plus que la moitié de BF. Donc le mouvement du poids B vers F ſe faiſant au commencement ſelon la tangente BF, ne s'avancera vers le centre de la terre que de l'eſpace BG, moitié de BF: au lieu que le poids A aura ſa direction ſelon la tangente MAH, perpendiculaire à AKF, laquelle s'éloigne directement de ce centre; & par conſéquent il ſera diſpoſé à aller deux fois plus vîte à l'égard de ce même centre que le poids B. Mais comme FB, à BG, ainſi le rayon KB ou AK, à KG. Donc le poids B fera le même effet à l'égard du poids A, que s'il étoit en G; c'eſt-à-dire, que ſi AK eſt la meſure de la viteſſe du poids A, KG ſera la meſure de la viteſſe du poids B. Mais AK eſt double de KG, comme FB eſt de BG. Donc le poids A ſera réciproquement au poids B comme KG à KA, & par la 2e. & 3e. régle ces poids ainſi diſpoſés feront équilibre, & l'un ne forcera pas l'autre.

TAB. XIII. Fig. 12.

La même choſe arrivera à des puiſſances qui étant attachées aux extrémitez des rayons égaux d'une roue tireront obliquement ou directement. Car ſoit au point L dans la ligne BG continuée directement en L une puiſſance tirant par la corde LB attachée en B ſelon la direction BL; & une autre puiſſance en M, tirant ſelon la tangente AM par la corde AM attachée au point A. Si ces puiſſances ſont égales, elles ne feront point équilibre: mais la puiſſance en M forcera l'autre, & pour faire équilibre il faudra que la puiſſance en L ſoit à la puiſſance en M comme la ligne AK à la ligne KG; ce qui procéde de ce que la puiſſance en L ne fait point venir à ſoi directement le point B, mais il va ſelon la tangente BF au commencement du mouvement, & qu'en

même

même tems la puissance en M va directement selon la tangente HAM. Or si l'on suppose BN indéfiniment petite dans la tangente BF, & que NQ soit perpendiculaire à BL, il est évident que le point B étant en N, le point L sera venu en P, si NP est parellele & égale à BL; & LR & QN étant paralleles à AF, RP sera égale à BQ, & LP à BN. Or la puissance attachée au point M se sera avancée selon la direction d'effort AM d'une ligne égale à BN ou LP, & la puissance en L ne se sera avancée en même tems selon la direction d'effort BL ou NP, que de la ligne RP qui n'est que la moitié de BN ou LP, comme BG n'est que la moitié de BF. Donc il faudra pour faire équilibre entre les deux puissances, que celle qui est au point L, soit double de celle qui est au point A, celle-ci tirant selon la tangente HAM, & l'autre selon la direction BL, qui fait un angle de 30 degrez avec le rayon KB, de même qu'il faut que le poids B soit double du poids en A, afin qu'ils fassent équilibre.

De ces trois principes d'expérience on tire une régle générale pour toutes les forces mouvantes. Cette régle ou principe universel est tel.

PRINCIPE UNIVERSEL DE LA ME'CHANIQUE.

Lorsque deux poids ou deux autres puissances sont disposées en sorte que l'une ne puisse se mouvoir qu'elle ne fasse mouvoir l'autre, si l'espace que doit parcourir un des poids selon sa direction propre & naturelle, est à l'espace que doit parcourir l'autre en même tems selon sa direction propre & naturelle, réciproquement comme ce dernier poids est au premier; il se fera équilibre entre les deux poids: mais si l'un des poids est en plus grande raison à l'autre, il le forcera.

On peut prouver par ce principe un effet surprenant qu'on ne peut pas prouver facilement par d'autres hypothèses: sçavoir, que s'il y a plusieurs bras égaux attachés à un même essieu A, comme AB, AC, & qu'on mettre un poids E sur le bras AB, & un autre *b* sur le bras AC au point F, en sorte que les distances AE, AF soient égales, le poids en F étant rond & non attaché au point F, de manière qu'il puisse rouler de F en C, mais qu'il en soit empêché par une glace de verre GCg très-polie située perpendiculairement; alors pour faire l'équilibre il faudra que le poids E soit beaucoup plus grand que le poids *b*, sçavoir en la raison de AE à AH, si HF est une ligne perpendiculaire à BAGK; ce qui est le contraire de ce qui arrive quand le poids F est attaché au plan incliné AFC, car il faut alors pour l'équilibre que le poids F soit plus grand que le poids E en la même raison de EA à AH, comme il a été expliqué dans la figure précédente.

TAB. XIII. Fig. 31.

Pour prouver ce paradoxe, soit tirée la ligne *fbe* horisontale passant par le centre de la boule *b*; il est évident que le point *e* est plus haut que

que le point d'appui F, & que *be* eſt un peu plus grande que le demi diamétre *bf*. Mais pour faire cette démonſtration, on ſuppoſe le triangle F*bd* indéfiniment petit, & le point F joint au point *e*, & que la perpendiculaire F*b* paſſe par ce point. Or la boule *b* en deſcendant fera tourner en rond le point C par l'arc C*d*; & ſi *dg* eſt égale au diamétre de la boule, le même bras ſera en la ſituation A*bd* lorſque le diamétre de cette boule ſera arrivé en *dg*, & le point d'appui F aura décrit l'arc F*b* en même tems que le centre de la boule ſera deſcendu par un eſpace égal à *ed*. Mais, ſi à cauſe de la petiteſſe de l'arc on prend l'arc F*b* pour ſa tangente, on aura le triangle F*bd* ſemblable au triangle AHF, & *d*F ſera à F*b* comme FA ou EA à AH. Et parce que le poids E ne s'éléve qu'à proportion de la ligne F*b*, l'eſpace paſſé par la boule en deſcendant directement depuis le point F juſques à *d* ſera à l'eſpace paſſé en même tems par le poids E en remontant directement, comme AE à AH. Donc le poids E pour faire l'équilibre doit être au poids *b* comme EA à AH par le Principe univerſel. Et parce que la boule tombe encore d'un peu plus haut que le point F, ſçavoir du point *e*; il s'enſuit que les poids étant ſelon cette raiſon, le poids *b* deſcendra, & fera élever le poids E; ce que j'ai trouvé conforme à l'expérience: car aiant diſpoſé le bras AC en ſorte qu'il faiſoit un angle de 60 degrez avec le bras horiſontal AHK, j'obſervai que le poids *b* étant double du poids E, il faiſoit équilibre avec lui quand je l'avois arrêté pour l'empêcher de rouler; mais l'aiant laiſſé libre après avoir mis une glace de miroir repréſentée par CG pour l'empêcher de rouler à côté, il falut mettre le poids double en E, & le ſimple en *b* pour faire l'équilibre, & même ajoûter un petit poids en E. On prouvera par les mêmes raiſons, que ſi l'angle KAC étoit de 45 degrez, il faudroit pour faire l'équilibre, que le poids E fût le plus grand en la raiſon de la diagonale d'un quarré à ſon côté. On ne conſidére point ici que le centre de la boule F eſt un peu à côté du point d'appui.

Ces choſes étant ſuppoſées, on peut expliquer aſſez bien les équilibres des corps fluides.

Le plus léger, c'eſt-à-dire, le moins peſant, des corps fluides eſt la flamme: mais parce qu'elle s'éléve dans l'air, & qu'elle ne ſe tient pas étendue ſur quelques autres corps; elle ne peut faire d'équilibre par ſon poids, mais ſeulement par ſon choc & par ſon reſſort.

L'air qui s'étend au-deſſus de la terre & de l'eau, peut faire équilibre par ſon poids, par ſon choc, & par ſon reſſort, avec les autres corps fluides plus groſſiers, & même avec les corps fermes & durs. On prouve la peſanteur de l'air par les effets du barométre: c'eſt un tuyau étroit de verre, de deux pieds & demi ou de 3 pieds de longueur, ſcellé hermétiquement par un bout; on l'emplit de mercure ſans y laiſſer aucun air, & l'on ferme l'autre bout avec le doigt; & après avoir tourné en-haut le bout ſcellé, on trempe le doigt dans d'autre mercure mis dans

un vaisseau; on ôte le doigt qui soûtenoit le mercure du tuyau, & alors il en tombe une partie dans le vaisseau, & après quelques balancemens il s'arrête enfin dans le tuyau à la hauteur de 27 ou 28 pouces; car selon les changemens des vents & de l'air, il monte quelquefois à 28 pouces & demi, & d'autres fois seulement à 26 & demi, & ordinairement il s'arrête à *Paris* à 27 pouces & demi environ.

Or cette élévation de mercure ne peut être bien expliquée, qu'en supposant que la colomne d'air de même largeur que le diamétre intérieur du tuyau pése autant que les 27 ou 28 pouces de mercure élevés dans le tuyau, en prennant cette colomne depuis la surface du mercure qui est dans le vaisseau, jusques à l'extrémité de la plus haute région de l'air: car si l'on porte le barométre au haut d'une montagne ou d'une tour fort élevée, on voit diminuer peu à peu la hauteur du mercure, & se réduire à 24 ou 25 pouces, comme étant alors chargé d'une moindre quantité d'air; & si l'on descend dans des caves ou dans des mines fort profondes, il se hausse peu à peu à mesure qu'on descend, comme étant successivement chargé d'une plus grande quantité d'air.

On peut encore connoître le poids de l'air & l'équilibre qu'il fait avec l'eau par les mêmes régles, en supposant qu'un pouce de mercure pése autant à peu près que 13 pouces d'eau, comme je l'ai connu par des expériences que j'en ai faites: car 28 pouces de mercure péseront autant à peu près que 383 pouces d'eau, qui font un peu moins que 32 pieds: d'où il s'ensuit que, lorsque le poids de l'air fera monter le mercure à 28 pouces quelques lignes, il fera monter l'eau dans un tuyau de 35 ou 40 pieds jusques à 32 pieds; & que lorsqu'il ne s'éléve qu'à 27 pouces $\frac{1}{2}$, l'eau ne doit s'élever qu'à 31 pieds à peu près; ce qui s'est trouvé assez conforme à quelques expériences que j'en ai faites à l'Observatoire en la maniére suivante: Je fis faire à Monsieur *Hubin*, Emailleur, un tuyau de verre de 40 pieds de hauteur, qu'il ajusta dans du bois creusé afin qu'il ne se rompît pas en le maniant; il étoit de 5 ou 6 piéces, qu'il souda dans la grande sale de l'Observatoire; & on éleva l'un des bouts jusques au haut de la platte-forme par l'ouverture qui y est, qui répond perpendiculairement au noyau creux du degré de la cave: on le descendit ensuite peu à peu jusques dans ce noyau, & on l'arrêta en le liant en plusieurs endroits à la rempe de fer: ensuite aiant été rempli d'eau après avoir fermé le bout d'en-bas, on appliqua au haut un bouchon de verre qui fermoit exactement le tuyau, & on y mit encore une vessie pour le mieux sceller: on emplit aussi d'eau un petit vaisseau qui étoit au-dessous de l'autre bout jusques à ce qu'il trempât dans l'eau, & après qu'il fut débouché, l'eau tombant descendit jusques à 12 pieds environ, mais il en sortit tant de bulles d'air qu'on ne put remarquer où elle étoit remontée; enfin elle demeura à la hauteur de 29 pieds, à cause du ressort de l'air des bulles qui étoient sorties de l'eau, & môntées au haut du tuyau. Deux jours après on y remit de

l'eau

l'eau qui avoit été bouillie un peu auparavant pour en faire sortir la matière aërienne; on fit l'expérience de même, & l'eau après quelques balancemens s'arrêta à 29 pieds 4 pouces environ; on la vit monter peu à peu plus haut, & s'arrêter à 30 pieds 2 pouces, sans que les autres barométres eussent changé. J'en attribuai la cause à ce que l'eau qu'on y avoit remise, étoit mêlée d'un peu de boue, & par conséquent pesoit plus que l'eau nette; mais cette boue descendit en peu de tems au fond du petit vaisseau, & par ce moïen l'eau devenant peu à peu plus légére, elle montoit peu à peu plus haut. Deux jours après j'observai que les barométres communs étant à 27 pouces 9 lignes, l'eau de ce grand tuyau étoit montée à 30 pieds 8 pouces; elle seroit montée un peu plus haut, s'il ne s'y fût pas élevé quelques bulles d'air qui la firent baisser: le barométre commun étant à 28 pouces, elle monta encore plus haut, & descendit ensuite quand le barométre commun revint au-dessous de 28 pouces. D'où je connus que les barométres d'eau ont des changemens proportionnés à ceux de mercure, & qu'on peut prendre 32 pieds d'eau pour la plus grande hauteur à peu près de ces barométres, lorsque l'eau dont ils sont remplis, est de celles qui sont les moins pesantes, & que la matière aërienne en est sortie.

Pour la facilité du calcul on suppose ici que le poids de l'atmosphére fait précisément équilibre avec 32 pieds d'eau douce, & que le mercure pése 14 fois davantage precisément.

On prouve encore le poids de l'air par une expérience assez curieuse. On prend une bouteille de verre A B, à laquelle on fait une ouverture de deux ou 3 lignes comme en C: on met dans le col G un tuyau de verre D E d'environ deux lignes de diamétre, & on l'y soude avec un mélange de cire & de térébentine ou avec de la poix, en sorte que l'air ne puisse passer entre-deux: ensuite on remplit la bouteille d'eau par l'ouverture C en la couchant, & même le tuyau E D en tenant fermé le bout D: & lorsqu'on pose la bouteille en sa situation perpendiculaire, l'eau qui est dans le tuyau descend jusques en E, & il en sort autant par l'ouverture C, si l'extrémité E du tuyau est à la même hauteur que le milieu de l'ouverture C: que si le tuyau s'étend au-dessous de l'ouverture comme jusques en I, l'eau cessera de couler, le tuyau étant vuide jusques à E, & la bouteille demeurera pleine d'eau jusques à la soudure vers G: que si le bout du tuyau est un peu plus haut que le dessus de l'ouverture C comme en L, & qu'il ait deux ou trois lignes de largeur; alors on verra sortir de l'air par ce bout ouvert, & remonter au haut de la bouteille, & l'eau sortir en même tems par l'ouverture C jusques à ce qu'il n'y en ait plus au-dessus du point C. Ces effets s'expliquent en la manière suivante: TAB. XIV. Fig. 14 15.

Le poids de l'air extérieur fait effort vers l'ouverture C, pour repousser l'eau qui fait effort par son poids pour sortir, & l'air qui est au-dessus du tuyau E D fait aussi un effort & agit par son poids sur l'eau

qui y eſt contenue; & ſe joignant au poids de cette eau, il doit forcer le poids de l'air qui agit vers C; ce qui fait que l'eau du tuyau deſcend juſques en E, & alors l'air fait effort d'un côté en E, & de l'autre en C, & ſoûtiennent conjointement l'eau de la bouteille depuis E & C juſques à AH, & elles la ſoûtiendroient quand même la hauteur CH ſeroit de trente pieds, le bout du tuyau étant au-deſſous du bas de l'ouverture C. Mais lorſque le tuyau ne deſcend que juſques en L, alors l'eau depuis L juſques en E jointe au poids de l'air qui péſe ſur L, force l'air en C, & l'eau coule par C pendant que l'air deſcend de D en L, & entre goute à goute dans l'eau par le bout ouvert L, & s'éléve au-deſſus de la ſurface de l'eau qui eſt au-deſſous du col de la bouteille. Si l'on penche la bouteille en ſorte que le point L & le milieu de l'ouverture C ſoient en même ligne horiſontale, on verra la moitié d'une goute d'air qui paſſera au-deſſous du point L, mais qui ne ſe ſéparera pas du reſte, ſi l'on ne rehauſſe un peu le bout L.

Lorſqu'on a laiſſé entrer de l'air dans la bouteille en ſorte que la ſurface de l'eau ſoit en NO, & qu'on échauffe cet air avec la main pour le faire dilater, on fait ſortir quelques goutes d'eau par C, quoique le bout du tuyau ſoit au-deſſous de cette ouverture, & l'eau deſcendra comme juſques en *p q*: mais ſi on laiſſe refroidir cet air, on verra pendant quelque tems entrer des goutes d'air par C, à cauſe que l'air qui étoit deſcendu juſques en PQ, ſe remet dans ſa première étenduë depuis NO juſques à AH; & n'y aiant point d'eau pour remplir l'eſpace NOPQ, il faut que l'air y vienne du dehors par l'ouverture C.

L'eau n'a point de reſſort ſenſible, & elle ne fait équilibre avec les autres matières que par ſon ſeul poids ou par ſon choc. Le premier équilibre qu'on y peut remarquer à l'égard de l'air, eſt qu'étant réduite à de très-petites goutes, elle devient plus légére que l'air, & s'éléve en vapeur, comme il a été dit ci-devant. On ne peut dire quelle petiteſſe doit avoir une petite parcelle d'eau pour faire équilibre avec l'air proche de la terre, parce que celles qui ſont un peu plus légéres que cet air, ou un peu plus peſantes, ſont inviſibles ſéparément. On peut encore difficilement trouver la cauſe de ce qu'elles s'élévent: car ce n'eſt pas le mélange de l'air, puiſqu'elles péſeroient encore plus que l'air pur; ce n'eſt pas la chaleur, parce qu'on voit des eaux très-froides jetter des vapeurs. On pourroit penſer qu'il y a de très-petits pores dans l'air, où il n'y a aucune matière peſante, dans leſquels les très-petites parcelles d'eau ſe peuvent inſinuer & y monter, & celles qui ſont un peu plus groſſes, n'y pourroient paſſer. Ces petites parcelles ſont enfin équilibre avec l'air à une diſtance d'une lieuë ou de deux de la terre; & elles y demeurent long-tems ſuſpendues, juſqu'à ce que pluſieurs s'étant jointes enſemble, deviennent plus peſantes; & ſi l'air devenoit très raréfié, elles pourroient tomber.

On en voit l'expérience dans les machines pneumatiques; car lorſ-

qu'on

qu'on a pompé une partie de l'air, on voit troubler le récipient par la chûte des vapeurs, qui ne pouvant plus être soûtenues dans l'air à cause de la trop grande raréfaction, tombent en petites goutelettes sur le verre qui les environne. Dans les endroits où il se fait de grandes chûtes d'eau, on y voit s'élever perpétuellement des vapeurs, qui ne sont autre chose que les parcelles de l'eau brisées par le choc; & quand une bouteille de savon vient à se rompre, une partie de l'eau dont elle est composée, tombe, & le reste qui se réduit en des goutelettes trop petites, s'éléve comme des vapeurs.

I. RÉGLE.

Pour l'Equilibre de l'Eau par son poids.

L'Eau étant dans un vaisseau ou dans plusieurs qui se communiquent, a toûjours ses parties supérieures en même niveau; c'est-à-dire, en égale distance du centre de la terre.

EXPLICATION.

Soit le tuyau recourbé ABC d'égale grosseur, dans lequel on verse de l'eau par le bout A; elle montera aussi haut dans l'autre branche du tuyau; c'est-à-dire, que si DE est une ligne horisontale, & que l'eau dans la branche AG monte jusques en D, elle sera dans l'autre jusques en E, quand on aura cessé de verser, & que l'eau demeurera en repos. TAB. XIV. Fig. 16.

Car premièrement, si les branches sont d'égale largeur & également inclinées à l'horison, tout étant égal de part & d'autre, l'eau ne pourra pas demeurer dans les hauteurs inégales A & F, parce que le poids de l'eau AG sera plus grand que celui de l'eau HF; & par conséquent en descendant il pourra prendre une plus grande quantité de mouvement qu'il n'en donnera à l'autre en montant, puisque leurs vitesses seront égales & leurs directions semblables. Donc par le Principe universel, l'eau ne pourra s'arrêter si elle n'est à une même hauteur dans ces deux branches. Que si l'on ferme avec le doigt le bout C avant que de verser de l'eau par le bout A, & qu'on emplisse d'eau la branche AG jusques à A; l'autre demeurera vuide, & il n'y montera point d'eau ou très-peu à cause de l'air qui l'occupe, si la branche AG n'est que de deux ou trois pieds de hauteur: alors si on léve le doigt, l'eau de la branche AG descendra, & une partie passera dans l'autre branche, & s'élévera comme jusques en E, pendant que de l'autre part elle descendra comme jusques en N; & dérechef elle montera comme jusques en D, & descendra jusques en M; & enfin, après plusieurs balancemens elle s'arrêtera de part & d'autre à une même hauteur comme IF.

 Lorf-

Lorſqu'en cette expérience l'eau commence à deſcendre de la branche A pour paſſer dans l'autre, elle accélére ſon mouvement, juſques à ce qu'elle ſoit en égale hauteur dans les deux branches, comme en I & F, où doit être l'équilibre, & diminue enſuite de viteſſe peu à peu, juſques à ce qu'elle ſoit aux points N & E; elle redeſcendra de même en accélérant depuis la hauteur E juſques à ce qu'elle ait paſſé le même niveau I F, & diminuera ſon mouvement juſques à ce que l'une des hauteurs ſoit en D, & l'autre en M, & ces balancemens continueront juſques à ce que l'eau ſoit arrêtée en I & F, de la même manière que le plomb d'une pendule accélére ſon mouvement juſques au point de repos, qu'il le diminue en remontant, & qu'il s'arrête enfin après pluſieurs balancemens.

TAB. XIV. Fig. 17. La même choſe arrivera dans un vaiſſeau ABCD, où il y aura de l'eau juſques en EF. Car ſi l'on y verſe de l'eau vers F, en ſorte qu'elle s'éléve comme juſques en G; elle ne demeurera point en cet état, lorſqu'on ceſſera de verſer de l'eau nouvelle: car le poids de l'eau GKHC, étant plus grand que celui de l'eau KILH, LH & HC étant ſuppoſées égales, il forcera cette dernière par les mêmes raiſons, & fera élever l'eau vers IK, & en même tems la ſurface ſupérieure GK étant en pente, l'eau coulera de G vers I; & par les mêmes raiſons l'eau EBLI s'élévera auſſi: & enfin après pluſieurs mouvemens la ſurface ſupérieure de l'eau ſe mettra de niveau. De-là on pourra expliquer ce qui arrive dans une eau dormante LM, lorſqu'on y jette une pierre comme en N: car la pierre faiſant élever autour de ſoi l'eau en une vague circulaire, dont O & P repréſentent l'élévation, elle ne pourra demeurer en cette poſition; mais la partie O coulera vers L, & en coulant elle pouſſera & élévera l'eau voiſine R, qui pouſſera & élévera la ſuivante, de manière qu'il ſemblera que la même eau élevée en O, s'avance juſques en L. [TAB. XIV. Fig. 18.]

La même choſe arrivera à la partie élevée P, & par ce moïen il ſe fera une vague circulaire qui s'éloignera du point N en s'élargiſſant toûjours juſques aux rivages L & M, s'ils ne ſont pas trop éloignés; & en s'y réfléchiſſant, il ſe fera une vague circulaire nouvelle, qui s'avancera de part & d'autre vers N, & s'agrandira toûjours en circonférence en diminuant de hauteur, juſques à ce que toute l'eau ſupérieure ſe ſoit miſe de niveau.

TAB. XIV. Fig. 19. Soit maintenant les deux branches inégales en largeur, comme en la figure A B C D; l'eau ſe mettra encore à même hauteur, comme E F dans les deux branches, & l'eau E B ne forcera point l'eau C P. Car ſoit la baſe BG, qu'on ſuppoſe quarrée, ſeize fois plus grande que la baſe C; & s'il eſt poſſible, que l'eau deſcende de E juſqu'en I, & qu'elle monte de l'autre part juſqu'en D: celle qui ſera deſcendue de E en I, ſera égale à celle qui eſt en FD; & les deux petits cylindres FD & EI auront leurs hauteurs réciproques à leurs baſes. Donc comme

me 16 à 1, ainsi la hauteur FD à EI. Or le cylindre EB étant 16 fois plus grand que le cylindre CF, il pésera 16 fois davantage. Mais l'espace passé en même tems par le petit cylindre sera aussi 16 fois plus grand que l'espace passé par le grand cylindre, & leurs directions sont les mêmes étant perpendiculaires. Donc leurs vitesses auroient été reciproques à leurs poids, & ils auroient eu une égale quantité de mouvement; ce qui est impossible: car par le Principe universel ces cylindres d'eau doivent faire équilibre, & l'un ne peut pas faire mouvoir l'autre, puisqu'ils sont disposés à prendre une égale quantité de mouvement selon la même direction.

Que si l'on verse de l'eau dans ce tuyau étroit jusques en D, elle ne pourra s'y arrêter que lorsque l'autre branche sera pleine jusques à A. Car soit la hauteur FD d'un pouce & sa base un pouce, & FC dix pouces; donc toute l'eau CD sera d'onze pouces cubes, & l'eau BE 160 pouces cubes. Si donc toute l'eau CD descend d'un pouce, l'eau EB montera de $\frac{1}{16}$ de pouce, sçavoir de la hauteur EL; & l'espace EL sera la mesure de la vitesse de l'eau BE, comme DF est celle de l'eau CD. Or 160 multipliés par $\frac{1}{16}$ donne 10 de quantité de mouvement, & 11 multiplié par 1 donne 11: donc la quantité de mouvement de l'eau DC sera plus grande que celle de l'eau BE, ou ce qui est la même chose, la vitesse de l'eau de la petite branche aura plus grande raison à la vitesse de l'eau de la grande branche, que le poids de cette dernière au poids de l'autre; & par le Principe universel l'eau du petit tuyau descendra. On tirera les mêmes conséquences pour les autres hauteurs inégales jusqu'à ce que les deux surfaces des eaux de ces branches soient de niveau, & elles ne s'arrêteront point qu'elles ne soient à même hauteur.

On peut encore considérer l'eau en AG, comme si elle étoit divisée selon sa longueur en seize petites colomnes quarrées, chacune égale à la petite colomne quarrée CD: & parce qu'aucune de ces petites colomnes ne peut monter plus haut ni descendre plus bas que les autres, on doit juger de même de la petite colomne CD, quoiqu'elle ne leur soit pas contigue.

De-là il s'ensuit, que si on met un corps flottant sur l'eau de la branche AB, & que le poids de ce corps soit égal à celui de l'eau qui occuperoit la hauteur AE après qu'on l'auroit ôté; l'eau de la petite branche demeurera toûjours à la hauteur CD, & il se fera équilibre entre l'eau CD & l'eau BE jointe au poids du corps flottant, par les mêmes raisons ci-dessus.

Lorsque la petite branche est très-menue, comme d'une demi ligne, ou d'un tiers de ligne, l'eau y monte plus haut qu'en l'autre branche d'un pouce ou de deux; ce qui arrive aussi quand on trempe dans l'eau un tuyau de verre, dont le diamétre est moindre qu'un quart de ligne; car elle s'y éléve à la même hauteur d'un pouce ou de deux par-dessus le

le reste de la surface de l'eau, & toute cette eau qui s'éléve au-dessus du niveau dans les tuyaux très-menus ou dans ceux qui le sont médiocrement, comme d'une ligne ou d'une demi-ligne, est égale sensiblement à une grosse goute d'eau qui étant attachée à quelques corps demeure suspendue sans tomber.

On voit le même effet dans l'expérience de la bouteille ci-dessus: car si le tuyau est très-étroit, comme d'une demi-ligne, l'eau n'y descendra que jusques vers L environ un pouce au-dessus de E, & alors cette cause particulière d'adhésion résiste à l'effort de l'air qui est sur l'eau dans le tuyau; & plus le tuyau est étroit, plus le point L sera élevé.

Quelques-uns attribuent la cause de cet effet au poids de l'air, qui agit pleinement sur l'eau du tuyau large, & ne peut bien agir sur celle du tuyau étroit. Mais on doit rejetter cette cause. Car si l'on plonge un semblable tuyau dans du mercure, il n'y monte pas si haut que le niveau du reste du mercure, & toutesfois le poids de l'air y doit agir de même qu'à l'égard de l'eau: & même si l'on trempe dans l'eau un de ces tuyaux étroits qui n'ait qu'un demi pouce de hauteur, l'eau y monte jusques au haut, quoiqu'alors l'air n'ait point de peine à s'y insinuer: joint à cela que si ce tuyau est gros, ou qu'il ait été laissé longtems sans être mouillé, il contracte un certain enduit où l'eau ne s'attache point; & alors l'eau ne s'y éléve pas au-dessus du niveau, quoique la cause du défaut du poids de l'air demeure la même sans changemens. Il faut donc expliquer cet effet par les mêmes causes qui font élever l'eau qui est dans un vaisseau de bois vers les bords jusques à plus d'une ligne & demi de hauteur avec une petite concavité, & qui font joindre deux goutes d'eau l'une à l'autre quand elles se touchent; desquelles causes on a parlé dans le premier Discours assez au long.

On voit un effet surprenant de l'équilibre dans l'expérience suivante: Aïez un tonneau de bois large de deux ou trois pieds ABCD, plein d'eau, enfoncé par les deux bouts: faites une ouverture au fond d'en-haut comme en E, pour y mettre un tuyau d'un pouce de largeur, si bien joint avec de la poix & de la filasse ou avec quelqu'autre matière, que l'air n'y puisse entrer, & que ce tuyau étroit, sçavoir EF, ait 12 ou 15 pieds de hauteur: emplissez d'eau le tonneau par quelques trous qu'on fera au fond supérieur, & posez sur le fond sept ou huit cent livres de poids, qui le feront courber en concavité, comme AMD: Si l'on met une marque blanche au dehors du tuyau, comme au point H, & à côté un peu plus haut une régle IL, plantée dans le mur voisin, & affermie de manière qu'elle demeure immobile; en versant de l'eau ensuite peu à peu dans le tuyau étroit EF, vous verrez que quand il sera plein, le fond AMD sera élevé avec les poids de 800 livres dont il est chargé, non seulement à son premier état AED, mais même qu'il aura pris une courbure convexe, & que son élévation dans le mi-

TAB. VIX. Fig. 20.

milieu sera autant élevée par-dessus le point E, que le point M étoit au-dessous auparavant; ce que l'on connoîtra parce qu'on verra élever la marque blanche H, & passer peu à peu plus haut que la régle IL, dont on pourra mesurer la différence. Que si le tuyau est encore plus haut, l'élévation des poids sera encore plus grande: d'où l'on juge que le peu d'eau qui est dans le tuyau, a autant de force pour élever ce grand poids & courber le fond du tonneau en convexité, que si ce tuyau étoit de même largeur que le tonneau. Cet effet se prouvera par les mêmes raisons ci-dessus touchant l'eau de la petite branche CD, qui fait élever l'eau de la branche BA, lorsqu'elle n'est que jusques à E, quand même elle péseroit 1000 fois davantage: car la vitesse que prendra l'eau du petit tuyau FE en descendant, sera à celle du fond AD avec ses poids en s'élévant, comme la surface de ce fond est à la surface de ce tuyau; c'est-à-dire, que si le tuyau a un pouce de diamétre & le fond 30 pouces, la surface du fond sera 900 fois plus grande que celle du haut de l'eau du tuyau. Donc si l'eau du tuyau descend d'un pouce, celle qui touche le fond supérieur du muid ne s'élévera que de $\frac{1}{900}$ de pouce; & par conséquent, si l'eau du tuyau pése une livre, elle fera équilibre avec 900 livres. Donc elle fera élever les 800 livres qui sont sur le fond avec le peu d'eau qui passera au-dessus de AED; mais il faut supposer que le fond s'éléve tout entier en même tems pour la justesse du calcul & du raisonnement.

Lorsque dans un syphon l'une des branches est inclinée, & l'autre perpendiculaire, étant toutes deux à peu près de même largeur, l'eau s'y mettra aussi de niveau. Car soit le syphon ABC posé en sorte que la branche AB soit perpendiculaire, & que CB soit en un plan incliné; il est manifeste que le poids de l'eau qui sera en DB, sera au poids de celle qui sera en EB, comme la grandeur DB est à la grandeur EB. Mais si ED est une ligne horisontale, la force totale de l'eau EB pour descendre sera à celle qu'elle auroit si elle tomboit perpendiculairement, comme la longueur EB est à la longueur DB. Donc elle fera équilibre à l'eau DB, dont la direction est perpendiculaire suivant le Principe universel: car les espaces passés en même tems par les eaux de ces deux branches selon leurs directions naturelles vers le centre de la terre, seront en raison réciproque de leurs poids, c'est-à-dire, de EB à DB, & par conséquent l'eau EB ne forcera point l'eau BD. Le frottement plus grand dans la longue branche peut faire quelques différences, & donner un peu plus de peine pour faire mouvoir l'eau par le plan incliné EB; mais quand l'une ou l'autre des branches seroit plus grosse, cela n'empêcheroit point l'équilibre par les mêmes raisons qui ont été dites ci-dessus.

TAB. XIV. Fig. 21.

Lorsque dans les syphons qui ont une branche beaucoup plus grosse que l'autre, comme en la figure 22e, on ferme le bout de la petite branche avec le doigt; & que la grande étant ensuite remplie d'eau, on

TAB. XIV. Fig. 22.

on léve le doigt tout à coup : le premier mouvement de toute l'eau AB est retardé par la difficulté de l'issuë en G; mais le mouvement par FC est beaucoup plus vîte en son commencement, que quand les deux branches sont d'égale largeur. D'où il arrive que, si l'on met un peu d'eau dans la branche FC, jusques à ce qu'elle remplisse le tuyau de jonction BC; & si après avoir fermé le bout F avec le pouce, on remplit l'autre partie AB jusques à la ligne horisontale ED, & qu'on léve ensuite le pouce tout à coup; l'eau montera plus haut que D comme jusques en F; ce qui arrive parce que l'eau de la grande branche descendant, quoique lentement, fait monter très-vîte l'eau dans la petite branche; & que toute l'eau se mouvant pour arriver à l'équilibre, elle se meut encore après y être arrivée par la vitesse acquise comme dans le syphon uniforme; ce qui fait que l'eau de la grande branche descend encore, & fait monter l'autre comme jusques à 3 ou 4 pouces au-dessus de D, d'où elle redescend, & après quelques balancemens elle s'arrête enfin à la même hauteur dans les deux branches au-dessous de EF: & quand le tuyau AB seroit tout plein avant que d'ôter le pouce, l'eau ne laisseroit par de jaillir deux ou trois pouces plus haut que F, si la branche AB est beaucoup plus large que la branche CD; car alors la descente & la montée dans cette branche large sera fort petite & presque insensible. Voici les expériences qui en ont été faites:

TAB. XIV, Fig. 23. On a pris un bacquet de fer blanc ABCD avec le tuyau EF de 4 pouces de largeur, où étoit soudé le tuyau recourbé de verre FGH; on emplissoit le bacquet & le tuyau EF après avoir mis le pouce en H pour empêcher l'air de sortir du tuyau GH; & quand on ôtoit le pouce, l'eau jaillissoit jusques en I environ trois pouces plus haut que la surface de l'eau DA: mais lorsque le tuyau de verre alloit jusques à 5 ou 6 pouces plus haut que AD, l'eau y montoit à environ 4 pouces plus haut que H, d'où elle redescendoit, & enfin se mettoit dans l'équilibre. On a fait la même expérience dans un tuyau LEF d'égale largeur par-tout; GH demeurant toûjours plus étroit que LEF; & l'eau jaillissoit plus haut que le point H, de même que quand le bacquet AD étoit au-dessous de EF. Or en ces cas l'eau commence à monter assez vîte par G, & monte encore un peu plus vîte quand l'eau LE a acquis du mouvement. Mais cette vitesse par GH commence à diminuer quand l'eau des deux branches est arrivée à l'équilibre, c'est-à-dire, à la hauteur où elle doit demeurer dans les deux branches, comme à celle de la ligne horisontale KM. Que si l'on met des liqueurs différentes dans les deux tuyaux, les plus légéres demeureront élevées dans les tuyaux plus haut que les autres selon les proportions réciproques de leurs pesanteurs, dont voici les régles.

RE'GLE DE L'E'QUILIBRE DES LIQUEURS DIFFE'RENTES PAR LA PESANTEUR.

ON considére ici deux fortes de pesanteurs des corps : l'une qui procéde de la masse du corps, comme un pied cube de bois pése plus qu'un pouce cube de même matière : l'autre procéde de la densité des matières ou de quelque autre cause par laquelle un corps pése plus qu'un autre de pareil volume ; comme un pouce cube d'or pése plus qu'un pouce cube de fer. Nous appellerons pesanteur spécifique cette dernière pesanteur : ainsi la pesanteur spécifique de l'eau est plus grande que celle de l'huile : on ne considére point ici le poids de l'air dans lequel on pése les corps, quoiqu'à la rigueur on y doit avoit égard.

Soit donc dans le syphon ABC de l'eau en équilibre à la hauteur DE : qu'on verse tout doucement de l'huile dans la branche CB jusques à ce qu'elle soit à la hauteur C ; il arrivera que l'eau descendra au-dessous de E, & s'élévera au-dessus de D en l'autre branche. Soit la descente EF, & DG l'élévation, & soit tirée FH horisontale ; alors l'huile FC sera à l'eau HG réciproquement comme la pesanteur spécifique de l'eau est à celle de l'huile, car l'eau FB sera équilibre avec l'eau BH : donc l'huile FC sera équilibre avec l'eau HG. Or il est nécessaire pour faire que le tout demeure en cet état, que les parties H & F soient également pressées selon le Principe ci-dessus : donc la quantité d'huile FC pésera autant sur F que l'eau HG sur H. La même chose arrivera au mercure & à l'eau : car, si on met dans le syphon ABC du mercure jusques à la hauteur DE ; & qu'on verse doucement de l'eau par C, inclinant un peu le syphon au commencement afin que l'eau ne se mêle point avec le mercure ; & que l'eau soit élevée jusqu'en C, & le mercure jusqu'en I : l'eau descendra comme jusques à la ligne horisontale KL ; & alors l'eau KC avec le mercure KB, fera équililibre avec le mercure BI. Et comme la pesanteur spécifique du mercure est à celle de l'eau, ainsi réciproquement la hauteur KC sera à la hauteur LI ; & par ce moïen il sera facile de déterminer les pesanteurs spécifiques des liqueurs à l'égard l'une de l'autre, car si le mercure pése quatorze fois plus que l'eau, KC sera quatorze fois plus grande que LI. TAB. XIV. Fig. 24

Aiant considéré l'équilibre des différentes liqueurs entr'elles, on peut considérer celui des corps fermes qui nagent sur l'eau, comme le bois, la cire, &c. En voici les régles.

RE'GLES DE L'E'QUILIBRE DES CORPS FERMES DONT LA PESANTEUR SPE'CIFIQUE EST MOINDRE QUE CELLE DE L'EAU.

I. RÉGLE.

Tout corps ferme plus pesant que l'air & plus léger que l'eau y étant mis, s'y enfoncera un peu & fera élever l'eau, & toute sa partie enfoncée sera au reste comme sa pesanteur spécifique à celle de l'eau.

TAB. XIV. *Fig. 25.* Soit, dans la figure 25ᵉ, BCDE de l'eau dont la surface supérieure soit BC, continue dans quelque vaisseau: soit AFGH un corps cubique plus léger spécifiquement que l'eau, & plus pesant que l'air; je dis qu'il ne demeurera pas sur la superficie de l'eau: car la colomne quarrée d'eau KRLI seroit plus pressée qu'une colomne égale BEIK; puisque le poids du corps AH y seroit de plus. Donc le poids descendra, & entrera dans l'eau, mais il ne s'y cachera pas entièrement, parce qu'alors la colomne KRLI, composée de ce corps & d'eau, seroit plus légére qu'une égale colomne d'eau BEIK. Soit donc son enfoncement jusques en KR, & que l'eau qui l'environne se soit élevée jusques en BC, qui sera plus haute qu'elle n'étoit auparavant à cause que la portion KGHR du corps occupe la place d'une partie qui est obligée de s'élever: je dis que l'eau contenue en KGHR, dont le corps occupe la place, sera d'un poids égal au poids de tout le corps, c'est-à-dire, que si une quantité d'eau égale en volume à KGHR pése autant dans l'air que le corps entier AFGH, il demeurera dans cette situation; & la portion KRGH de ce corps sera au total, comme la pesanteur spécifique de tout ce corps sera à celle de l'eau.

Ainsi, si le corps AFGH est à l'eau en pesanteur spécifique comme 3 à 4, la partie AFKR qui passera au-dessus de l'eau, sera le quart de toute sa hauteur: car s'il pesoit 12 livres dans l'air, autant d'eau péseroit 16 livres; & par conséquent la partie KRGH péseroit 12 livres si elle étoit d'eau: elle ne pésera donc que 9 livres; & la partie au-dessus de l'eau AFKR sera de 3 livres; & le tout pésera 12 livres, comme l'espace d'eau occupé par la partie du poids qui y entre qui fera 16 livres dans la même raison de 3 à 4; & par la première régle le poids demeurera en cet état dans l'eau. Et parce que le liége est 4 fois moins pesant que l'eau, si l'on met dans de l'eau BCED un cylindre de liége AFGH, il descendra; & si la superficie de l'eau est double de celle de la base du cylindre, l'eau ne s'élévera que de la huitième partie de la hauteur du cylindre, & le cylindre ne descendra dans l'eau que de son quart, en sorte que la partie qui restera hors de l'eau, sera les 3 quarts de tout le cylindre.

L'eau s'attache quelquefois aux corps légers, & s'éléve un peu en con-

concavité contre la partie au-dessus de K, & quelquefois il se fait un petit enfoncement au-dessous, comme il a été expliqué ci-devant; ce qui pourroit faire quelque difficulté; mais ce peu d'eau qui s'élévera au-dessus du reste de la surface de l'eau, n'y pourra faire qu'un très-petit changement, & on ne le considére point ici.

Cette propriété de l'eau de s'attacher ou de ne pas s'attacher à de certains corps, fait quelquefois paroître des effets assez surprenants. En voici des exemples:

ABC est un verre à demi plein d'eau, dont la surface supérieure est DE. S'il y a une petite bulle d'écume pleine d'air comme F, ou une petite balle creuse de verre pleine d'air plus légére que l'eau, ou quelques autres corps semblables; elle ira vers les bords E ou D, & s'y tiendra comme collée: mais au contraire, si le verre est tout plein d'eau comme en AC, alors la petite balle K ne pourra approcher du bord; si on l'y pousse, elle reviendra vers le milieu en K. Mais il y a d'autres petits corps légers qui font des effets tout contraires. Prenez une petite balle de cire non mouillée, & la posez doucement sur l'eau en F, quand le verre n'est pas plein, elle fuira les bords; & si on la met en K vers le milieu quand le verre est plein, elle ira se précipiter vers C jusques à ce qu'elle touche le bord du verre. On peut expliquer ces effets en cette sorte: TAB. XIV. Fig 26.

AB est la surface de l'eau quand le verre n'est pas plein. CD est le bord du verre où l'eau fait une petite élévation comme *efg*. E est la boule de cire, qui étant grasse & posée doucement sur l'eau y fait un petit creux HIK, à cause que l'eau ne s'y attache pas; & la balle entre au-dessous de la surface de l'eau AHKB jusques à ce que la partie qui est au-dessous avec l'air qui est compris au-dessous de la ligne horisontale ponctuée, pése autant que l'eau qui y étoit contenue dans l'espace compris de cette ligne ponctuée HK, & de la ligne courbe HIK. Or si l'on fait avancer cette balle jusques vers *g*, lorsque le point K de l'extrémité de la concavité HIK veut s'aprocher plus près du bord du verre que le point *g*, alors l'eau qui est en *ef* n'étant plus soûtenue par celle qui est au point *g*, descend, & repousse la boule jusques à ce que le point K soit joint au point *g*, la courbure *efg* demeurant en son premier état. TAB. XIV. Fig. 27.

Mais si ce verre est tout plein & que l'eau passe par-dessus les bords sans ce renverser, comme il se peut faire aisément, & comme on le voit en la figure 28[e], où l'eau fait une convexité depuis L jusques au bord du verre B; alors quand la boule E se sera avancée jusques à ce que la section HIK rencontre la convexité LB, comme en *p*, ce point *p* sera plus bas que le point H de l'autre côté de la balle; & par ce moïen la balle se trouvera dans un penchant qui sera encore plus grand quand la même section s'aprochera plus près de B, & cette pente deviendra toûjours plus roide jusques à ce que la balle touche le ver- TAB. XIV. Fig 28.

re au point B, comme on le voit en la même figure de l'autre côté du verre.

Par ces mêmes raisons, lorsque deux de ces balles sont mises assez près l'une de l'autre, elles se joignent. Car soit la ligne A C D E F B le niveau de la surface de l'eau; C *ae* E, D *eb* F, les deux creux que font les balles; & le point *e* l'intersection des creux: il est évident que le point *e* sera plus bas que le niveau de l'eau A C F B, & que par conséquent il y aura une pente de part & d'autre; ce qui fera que les balles couleront jusques à ce qu'elles se rencontrent, comme on le voit en cette même figure. Que si l'une des balles est mouillée, en sorte que l'eau s'y puisse attacher, elles se repousseront l'une l'autre; ce qui se prouve de même: car dans la balle mouillée B, en la figure 30e, il se fait une élévation de l'eau comme C B & B D, & dans l'autre E un creux comme F G H; & si on les pousse l'une contre l'autre, l'eau s'élévera davantage vers C entre les deux balles & en une plus grande quantité; ce qui fera que les balles seront repoussées en arrière l'une de l'autre.

TAB. XIV. Fig. 29.

TAB. XIV. Fig. 30.

Que si les deux balles de la figure précédente sont mouillées, elles s'aprocheront à cause de la concavité qui reste entr'elles; & elles se joindront par la même cause que deux goutes d'eau se joignent & ne font plus qu'une seule goute. Car les deux élévations d'eau B C, C D, dans la figure 31e, sont comme deux demi goutes qui doivent se joindre en se touchant tant soit peu.

TAB. XIV. Fig. 31.

C'est par la même raison que deux balles mouillées se joignent & qu'elles s'approchent des bords du verre quand il n'est pas plein; car il s'y fait une semblable élévation d'eau: & quand il est plein & que l'eau passe plus haut que les bords, la balle mouillée en est repoussée de la même manière qu'elle est repoussée par une balle non mouillée; car s'aprochant du bord du verre C, la petite élévation d'eau A B fait hausser plus haut celle qui est entre B & C, & alors toute l'élévation est plus forte que la seule D F qui n'est que concave; & par conséquent la boule sera repoussée du côté de D; ce qui est conforme à l'expérience.

TAB. XV. Fig. 32.

Cette difficulté qu'a l'eau de s'attacher à la cire, fait que quelquefois des corps plus pesans que l'eau ne coulent pas au fond; comme si le petit cylindre E K est de bouis ou de quelque autre bois plus pesant que l'eau, & qu'il soit frottée de suif, ou enduit de quelque verni qui empêche l'eau de s'y attacher, il demeurera suspendu & fera un enfoncement dans l'eau comme F G H K I L M. Car, l'espace d'air G F L M qui est au-dessous du niveau A F M B, n'aiant point de poids, le fond O P ne sera pas plus chargé que C O qui lui est égal, & même on peut pousser un peu avec le doigt en en-bas le petit cylindre, sans qu'il aille au fond, pourvû que les courbures F G, M L, soient moindres qu'une ligne & demi: car pouvant être de 2 lignes sans que l'eau coule sur G L, il y aura plus d'air au-dessus; & dès qu'on ôtera le doigt,

TAB. XV. Fig. 33.

le

le cylindre remontera, non pas à cause que l'air le retire à soi; mais parce que les colomnes d'eau qui sont à côté, dont les bases sont égales à PO, pésent plus & font remonter le cylindre GL. On peut mettre par ces mêmes raisons une petite aiguille sur de l'eau calme sans qu'elle enfonce, si elle est un peu grasse & seiche; mais dès qu'elle sera mouillée, l'eau s'y attachera, & il ne s'y fera point d'enfoncement où l'air se puisse loger, & elle ira au fond.

On peut s'étonner pourquoi la glace va au-dessus de l'eau; car il semble qu'étant plus froide que l'eau coulante, elle doit être plus condensée & par conséquent plus pesante. Mais il faut remarquer que la glace est toûjours mêlée de quelques bulles d'air, comme il a été expliqué dans la première Partie; & c'est ce mêlange qui la rend plus légére: & encore qu'en quelques endroits de la glace ce mêlange ne soit pas visible à cause de la petitesse des parcelles d'air, on peut croire qu'il y en a toûjours quelque peu, & que ce peu étant joint à la glace, dont la condensation à l'égard de l'eau n'est pas fort considérable, peut faire un composé moins pesant que l'eau.

La même chose arrive au plomb, à la graisse, à la cire, & à quelques autres matières semblables: car ces matières étant fondues soûtiennent les parties qui ne le sont pas encore; ce qui procéde de ce qu'il se fait toûjours quelques intervalles vuides entre les parties de ces corps quand ils commencent à se durcir. Si l'on coupe une balle de plomb par le milieu, on y trouve vers le centre un vuide considérable. La graisse en se congélant devient opaque à cause des petits intervalles vuides qui s'y font, qui empêchent la lumière de continuer en ligne droite par les diverses réfractions & réflexions qu'elle y souffre.

Application de cette Régle.

SI l'on enferme un vaisseau vuide ABCD dans l'eau FEIL contenue dans quelque vaisseau GLIH, tenant ce vaisseau vuide en sorte qu'il soit droit, & qu'il ne puisse pas se renverser; il faut autant de force pour en tenir une partie arrêtée à une certaine profondeur au-dessous de la surface de l'eau EF, comme celle qu'il faudroit pour soûtenir en l'air un poids M qui étant mis dans le fond du vaisseau ABCD, le pourroit tenir en cette situation, lequel poids avec celui du vaisseau vuide doit être égal au poids de l'eau qui occuperoit l'espace NODC, comme il a été expliqué ci-devant. TAB. XV. Fig. 34.

On peut appliquer cet effet à la glace qui se forme dans les rivières autour des pilotis qui soûtiennent les ponts, pour juger si, la rivière venant à s'enfler, la glace qui est attachée aux pilotis les peut soulever & renverser le pont. Car supposant que la glace ait un pied d'épaisseur, & qu'elle pése avec l'air dont elle est remplie moins d'un douzième que l'eau; on fera aisément le calcul pour sçavoir quelle pesanteur peut l'em-

pêcher de s'élever au-dessus de l'eau: comme si elle a 400 pieds de surface, ce sera 400 pieds cubes, dont chacun ne pésera que 64 livres au lieu des 70 pour le pied cube d'eau; & le produit de 6 différence de 64 à 70, étant multiplié par 400, est 2400 livres. Or si le poids des pilotis du pont est plus grand que 2400, la glace n'arrachera pas les pilotis; car il y aura encore de plus la résistance que font les pilotis par leur frottement contre le terrain ferme où ils sont engagés, pour être arrachés.

TAB. XV. Fig. 35. Si la glace n'étoit que du côté d'en-haut, & qu'elle fut extrêmement longue comme AB, elle pourroit servir de levier, comme on le voit en la figure, en faisant son appui sur le dernier pilotis CD pour arracher les pilotis EF & GH: mais il ne faudroit prendre la portion de sa force que depuis la moitié de la distance AB, à cause que chaque partie de la glace AB n'agit que selon sa distance jusques au point d'appui D. Que s'il y a aussi de la glace de l'autre côté & de la même longueur, alors elle emploïera tout son effort. Mais, comme ordinairement les ponts ont beaucoup de pesanteur, ils sont plûtôt emportés par le choc continuel des grands glaçons qui peu à peu les ébranlent, & les déracinent en les heurtant par en-haut, que par le soulévement de la glace qui n'y peut pas faire un grand effort.

Si l'on met un corps fort léger dans des liqueurs différentes en pesanteur spécifique, la partie enfoncée dans l'une sera à la partie enfoncée dans l'autre, comme la pesanteur spécifique de l'une est à la pesanteur spécifique de l'autre.

Par ces mêmes raisons les vaisseaux & les bateaux chargés de marchandises doivent s'enfoncer dans l'eau jusques à ce que l'eau dont ils occupent la place au-dessous du niveau, pése autant que le vaisseau avec tout ce qui est dedans. D'où il est arrivé quelquefois que des vaisseaux entrant de la mer dans des rivières couloient à fond; parce que l'eau douce étant plus légére que celle de la mer, l'espace de l'eau douce égal à celui qu'occupoit le Vaisseau entier étoit moins pesant que le poids du vaisseau, & que dans la mer ce poids du vaisseau étoit moins pesant.

II. RÉGLE.

Les corps plus légers que l'eau étant retenus par force au fond de l'eau, & étant ensuite laissés en liberté, s'élévent au-dessus de l'eau en la manière suivante:

TAB. XV. Fig. 36. ABCD est l'eau contenue dans le vaisseau; EFGH est le corps dont la pésanteur spécifique est moindre que celle de l'eau. Or la colomne KIGH pése moins qu'une colomne d'eau de même volume IHBD, & par conséquent l'eau proche du point H, entre H & D, est plus chargée que celle qui est entre G & H, & par conséquent elle s'in-

s'insinuera & coulera sous le corps G H, & le poussera en haut. Les autres parties de l'eau qui sont au fond à la même profondeur que le dessous de ce corps, feront le même effet pour le pousser en haut; & comme il rencontrera plus haut de semblables dispositions, il sera toûjours élevé jusques à ce qu'une partie soit au-dessus de l'eau; & parce qu'il s'élévera avec vitesse, il passera un peu plus haut que l'endroit où il doit s'arrêter; mais il redescendra un peu plus bas que cet endroit, & enfin après quelques autres balancemens il s'arrêtera dans le lieu de son équilibre selon les régles précédentes.

Que s'il y avoit un trou dans le fond du vaisseau, comme L, par où l'eau coulât, le corps F H ne s'éléveroit point: car la même eau qui devroit pousser ce corps en haut, descend par l'ouverture, & l'entraîne de son côté par sa viscosité; & étant pressé par-dessus par la colomne d'eau K E I F, il demeurera toûjours au fond de l'eau jusques à ce qu'elle soit toute écoulée.

Il est évident par ce qui a été dit ci-dessus, que si A B C D est un vaisseau plein d'eau aiant une ouverture en E, l'eau qui est à côté comme en F, étant poussée par toute l'eau supérieure, sera pressée vers l'ouverture avec plus de force que celle qui est au-dessus perpendiculairement comme en I. Si le point G est plus éloigné du point E que le point F, on en verra l'expérience en y laissant tomber un petit morceau de papier tortillé, & mouillé, ou quelqu'autre petit corps un peu plus pesant que l'eau, comme des fragmens de scieures de bois: car dès qu'on ôtera le doigt qui soûtenoit l'eau en E, l'eau coulant sera suivie du papier en F; ce qui fera connoître que les parties de l'eau proche de ce petit corps y sont poussées de même que les autres parties qui sont les plus proches de l'ouverture, & qui sont comprises dans une demi sphére comme Q H I L N; celles qui seront les plus proches, comme en M ou F, iront succéder à celles qui coulent plus vîte que les plus éloignées, comme H ou L, & beaucoup plus que celles qui sont comme en G ou plus haut en O. On en fera l'expérience en laissant tomber de petites parcelles de quelques matières dans l'eau avant que d'ôter le doigt: car on verra que celles qui seront en H ou L, & qui tomboient perpendiculairement, seront détournées pour aller par les rayons de la demi sphére H E & L E avec une plus grande vitesse que de semblables petits corps qui seront en O ou en G. La même chose arrivera si l'ouverture est comme en P au lieu d'être en E: car les petits corps qui seront dans la demi sphére K R S, y couleront dès qu'on aura ôté le doigt; c'est par cette raison que si on perce un tonneau de vin à un doigt au-dessus de la lie, & que le trou soit assez grand, les parties de la lie les plus proches monteront pour y passer, & rendront le vin trouble. Lorsque les ouvertures E ou P sont fort petites, la demi sphére ne s'étend pas si loin que quand elles sont grandes.

TAB. XV. Fig. 37.

 III. RE-

III. RÉGLE.

Les corps dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, tomberont au fond.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 38. Soit A le corps plus pesant que l'eau: il descendra de la même manière dans l'eau que dans l'air, sinon qu'il descendra moins vîte: l'eau B qui sera immédiatement au-dessous, sera poussée en-bas par ce corps, qui choquant l'autre plus bas la poussera à côté vers C&D en circonférence, & toute l'eau du vaisseau sera mise en mouvement; & quand le corps sera descendu comme en B, il se fera d'autres tourbillons pour remplir la place qu'il quittera jusques à ce qu'il touche le fond.

IV. RÉGLE.

Les corps dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, perdent dans l'eau autant de leurs poids qu'en a l'eau dont ils occupent la place.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 39. Suspendez le corps AB dans l'eau par la corde CD: supposé qu'on en ait ôté intérieurement la partie E, en sorte que le reste pése autant que l'eau qui rempliroit tout l'espace AB si ce corps étoit ôté; il est évident qu'il fera alors équilibre avec autant d'eau située à côté, & par conséquent qu'il ne péseroit rien sur la corde CD, non plus que si on la trempoit dans l'eau sans le corps. Donc si l'on entend que la partie E y soit remise, tout le corps ne pésera sur CD qu'autant que pése la partie E; d'où il s'ensuit ce qui avoit été proposé. De-là on peut trouver le moïen d'examiner la pesanteur spécifique de tous les corps qui pésent plus que l'eau, tant à l'égard de l'eau que des autres corps. Car soit, par exemple, le corps AB d'or; il faudra le peser dans l'eau avec une balance l'attachant à l'un des bassins par une cordelette, & mettant un poids d'égale pesanteur dans l'autre bassin; on le laissera tremper ensuite entièrement dans l'eau; & s'il faut ôter $\frac{1}{18}$ du poids qui lui faisoit équilibre dans l'air pour continuer l'équilibre lorsqu'il est dans l'eau, on connoîtra que la pesanteur spécifique de l'or est à celle de l'eau comme 18 à 1; & si le corps est de plomb, & qu'il faille ôter $\frac{1}{11}$ du poids qui lui faisoit équilibre dans l'eau, on connoîtra que la pesanteur spécifique de l'eau à l'égard du plomb est comme 1 à 11, & ensuite que celle de l'or à l'égard du plomb est comme 18 à 11. De-là on

on pourra connoître si une piéce d'or est fausse sans l'altérer: car si dans une semblable expérience elle perd dans l'eau $\frac{1}{12}$ ou $\frac{1}{14}$ de son poids, on jugera qu'il y a d'autres métaux mêlés en assez grande quantité, comme le tiers ou la moitié, & qu'elle est fausse; mais si elle ne perdoit que $\frac{1}{17}$, on pourroit la prendre pour bonne; parce qu'il y auroit très-peu de mélange. Que si l'on suspend dans un seau avec une corde un grand corps cylindrique de verre ou de métail, en sorte qu'il le remplisse à peu près sans toucher le bord ni le fond, & qu'on y verse de l'eau pour remplir les vuides jusques à la hauteur du corps cylindrique; alors celui qui supportoit le seau facilement avant qu'on y eût mis l'eau, aura de la peine à le supporter, car il pésera autant que s'il étoit plein jusques à la hauteur de ce corps après qu'il seroit ôté; & celui qui soûtenoit la corde, sera déchargé d'autant de poids que seroit le poids de l'eau dont le corps cylindrique occupe la place: la raison est, qu'alors ce corps suivroit les mêmes régles que les corps qui sont soûtenus dans l'eau, dont le poids diminue du poids d'un pareil volume d'eau que celui qu'ils occupent; & par conséquent celui qui soûtiendroit la corde, se sentiroit déchargé d'un poids égal au poids de l'eau d'un pareil volume que le corps cylindrique, & l'autre qui auroit la main sous ce seau, outre le poids du seau soûtiendroit autant de poids que celui dont l'autre se sentiroit déchargé, & encore celui du peu d'eau qu'on y auroit versée.

Quelquefois les corps plus légers que l'eau vont au fond par une cause assez facile à expliquer: en voici une expérience. Aïez un verre cylindrique de 7 ou 8 pouces de hauteur & de trois ou quatre de largeur, comme ABCD, qui ait une ouverture E au milieu du fond, d'environ 3 lignes: emplissez le verre d'eau tenant le doigt sous E, & mettez au-dessus de l'eau une petite balle de cire F qui puisse passer par l'ouverture E: & lorsque l'eau sera calme & arrêtée, ôtez le doigt, & laissez couler l'eau, la cire descendra de même que la surface de l'eau, & passera par E avec la derniére eau. Mais si vous donnez un grand mouvement circulaire à l'eau, soit en la versant de travers contre les bords du verre ou autrement; lorsque vous ôterez le doigt de l'ouverture, vous verrez descendre la balle incontinent après que l'eau aura commencé à couler, & faire un vuide dans le milieu de l'eau où l'air s'insinue comme depuis H jusques à E; & ce vuide ne se remplit point que toute l'eau ne soit écoulée, & l'on voit toûjours comme une colomne d'air torse depuis le haut de l'eau jusques à l'ouverture E. TAB. XV. Fig. 4.

Cet effet s'explique en cette maniére: L'eau qui est dans la demi sphére CILMD est poussée vers E, lorsque l'eau est calme & sans mouvement considérable, comme il a été prouvé; & elle succéde à celle qui sort avant que celle qui est vers H, y soit descendue: mais lorsque l'eau a un grand mouvement circulaire, les parties latérales vers M & I ou *r* & *s* ne peuvent arriver vers E qu'après 4 ou 5 tours en spi-

rale, & même elles sont portées vers les bords du verre à cause qu'elles sont poussées selon les tangentes des cercles qu'elles décrivent: d'où il arrive que la colonne entière FE y tombe d'abord, & y passe toute avec la petite balle de cire qui est au-dessus; & parce que l'eau qui est à côté de cette colonne qui s'est écoulée, ne peut pas remplir sa place assez vîte à cause de son mouvement circulaire qui n'y a pas sa direction, il est nécessaire que l'air supérieur par son poids & son ressort s'y insinue, & y demeure toûjours jusques à la fin de l'écoulement.

Il arrive quelquefois que la petite balle n'est pas directement sur la colonne, & alors elle est portée un peu à côté entre deux eaux; même si elle revient vers le milieu, la colomne d'air la repousse par son ressort jusques vers les bords du verre: mais enfin elle entre dans la colonne vuide, & passe ensuite par l'ouverture en tournoïant très-vite avant que la moitié de l'eau soit écoulée.

C'est par les mêmes raisons, que s'il y a une grande ouverture sous le fond d'une eau profonde, soit d'une rivière ou de la mer, par où l'eau s'écoule vers des lieux éloignés plus bas, comme on dit que la mer *Caspienne* s'écoule dans le *Pont-Euxin*, l'eau entraîne les vaisseaux qui passent par-dessus ce gouffre: car l'eau y tombant de biais prend toûjours son mouvement tournoïant, & fait le même effet à l'égard des vaisseaux qui passent par-dessus, que l'eau tournant dans le verre ABCD à l'éhard de la balle de cire. On dit aussi qu'il y a dans quelque mer proche de la *Suède* un semblable tournoïement d'eau où les vaisseaux s'abaissent, & qu'on en a vû quelquefois les débris en un endroit d'une mer voisine qui est plus basse. Il est aisé de juger que l'eau emploïe plus de tems à s'écouler par l'ouverture E quand elle tourne en rond, que quand elle ne tourne point, puisqu'au premier cas l'air occupe une partie de cette ouverture.

SECOND DISCOURS,

De l'Equilibre des corps fluides par le ressort.

L'Air & la flamme agissent par leur ressort pour faire équilibre avec les autres corps. Le ressort de l'air se manifeste par plusieurs expériences; soit dans les barométres, où il se dilate beaucoup; soit dans les arquebuses à vent, où il se condense extrêmement: mais il est très-difficile de bien expliquer ces dilatations & ces condensations. Pour en donner quelque idée, on peut considérer toute l'étenduë de l'air de bas en haut, comme un grand amas d'éponges ou de balles de cotton, dont les plus hautes auroient leur étenduë naturelle: mais celles du dessous étant pressées par le poids des supérieures se réduiroient à une très-petite épaisseur, & elles reprendroient leur première dilatation, lorsqu'el-

qu'elles feroient déchargées du poids des autres. Suivant cette hypothèse on peut dire que l'air d'ici bas fait équilibre par fon reffort avec le poids de tout le refte de l'air dont il eft chargé: en forte que fi cet air fupérieur devenoit plus pefant, ou qu'on y en mit davantage, l'air inférieur fe condenferoit un peu plus qu'il n'eft; & fi le fupérieur devenoit moins pefant, ou s'il avoit moins d'étenduë, l'inférieur fe dilateroit davantage. On peut comparer auffi le reffort de l'air à un reffort d'acier qui fe preffe, & fe ferre davantage quand on le charge d'un plus grand poids, & qui fe reléve & s'étend quand on ôte une partie du poids: & comme on peut dire qu'un reffort d'acier étant preffé & réduit à une certaine figure par un poids, fait équilibre dans cet état avec ce poids; on peut dire de même que l'air d'ici bas condenfé comme il eft, fait équilibre par fon reffort avec tout le poids de l'atmofphére.

Plufieurs expériences font voir que la condenfation de l'air fe fait felon la proportion des poids dont il eft chargé: en voici une affez facile. Prenez un tuyau de verre recourbé ABC, fermé au bout C, & ouvert à l'autre: verfez-y un peu de mercure jufques à la hauteur horifontale DE, afin que l'air enfermé CE ne foit ni moins ni plus dilaté que celui qui eft dans l'autre branche; car fi le vif-argent étoit un peu plus haut dans une des branches que dans l'autre, l'air y feroit moins preffé. Il faut que la hauteur EC foit médiocre, comme de 12 pouces, telle qu'on l'a fuppofée en cette figure; & l'autre DA, tant grande qu'on pourra. Le mercure étant donc de part & d'autre à la même hauteur vers D & E, & n'y aiant plus de communication de l'air EC avec celui de DA; verfez par le bout A avec un petit entonnoir de verre, du mercure nouveau, prenant garde de ne point faire entrer d'air dans l'efpace CE: vous remarquerez, que le mercure montera peu à peu vers C, & condenfera l'air qui étoit en CE; & que fi EF eft de fix pouces, FG étant une ligne horifontale, le mercure fera monté dans l'autre branche jufques en H, fi ce point eft diftant de 28 pouces du point G, & que les barométres foient alors à la hauteur de 28 pouces dans le lieu de l'obfervation; car s'ils n'étoient qu'à 27 & demi, auffi GH ne feroit que de 27 pouces & demi. Or en cet état l'air en FC eft preffé par le poids de l'atmofphére qu'on fuppofe égal à celui de 28 pouces de mercure, & encore des 28 pouces qui font en l'efpace GH; & par conféquent il eft chargé d'un poids double de celui dont eft chargé l'air, qui eft dans le lieu où fe fait l'expérience, & qui eft femblable à celui qui étoit en EC avant qu'il fût condenfé par le poids du mercure GH. On verra donc manifeftement dans cette expérience, que l'air EC aura fuivi en fa condenfation la proportion des poids. On trouvera la même proportion dans les autres expériences en faifant le calcul en cette forte: Il faut prendre pour premier terme la fomme du poids de l'atmofphére & du mercure qui fera monté

TAB. XV. Fig. 41.

plus haut que le bas de l'air dans la branche EC; pour second terme, le poids de l'atmoſphére, c'eſt-à-dire, 28 pouces de mercure; pour troiſiéme, la diſtance EC; & le quatriéme proportionnel ſera l'eſpace ou hauteur où ſe réduira l'air enfermé dans le tuyau EC: comme ſi l'air étoit ſeulement réduit à l'eſpace IC de 8 pouces, on trouveroit que le mercure ſeroit en l'autre tuyau ſeulement 14 pouces plus haut que la ligne horiſontale IL. Or ces 14 pouces avec les 28 de l'atmoſphére ſont 42: il faut donc dire ſuivant cette régle, comme 42 pouces eſt à 28 pouces, ainſi l'étenduë de l'air EC eſt à l'étenduë IC. Que ſi on vouloit réduire ce même air en l'eſpace MC de 3 pouces, qui eſt le quart de EC; il faudroit mettre 84 pouces de mercure dans la branche DA au-deſſus de la ligne horiſontale MN, & on trouveroit cette proportion par le calcul ſuivant: Comme MC 3 pouces eſt à ME 9 pouces, ainſi 28 pouces, poids de l'atmoſphére, eſt à 84: car en changeant, 84 ſera à 28 comme 9 à 3; & en compoſant, 84 plus 28, c'eſt-à-dire 112, ſera à 28 comme 9 plus 3, c'eſt-à-dire EC 12, à 3. Et ſi l'on veut ſçavoir quelle hauteur de tuyau il faudroit pour réduire cet air en l'eſpace OC d'un pouce, il faut dire, comme OC un pouce eſt à OE 11 pouces, ainſi 28 pouces de mercure, poids de l'atmoſphére, à 308; & 308 ſera la hauteur verticale qu'il faut donner au mercure au-deſſus du point O ou P: par où l'on connoîtra que pour faire cette expérience il faut que la branche DA ſoit plus haute que 308 pouces, c'eſt-à-dire, qu'il faut qu'elle ſoit d'environ 320 pouces, afin qu'il reſte un eſpace au-deſſus du mercure pour empêcher qu'il ne verſe.

TAB. XV. Fig. 24. La même choſe arrivera ſi la branche EC eſt beaucoup plus large ou beaucoup moindre que la branche DA. Car ſi l'on y verſe du mercure juſques à ce qu'il monte à la hauteur GF, GH hauteur du mercure dans l'autre branche ſera de 28 pouces: car comme le mercure DG fait l'équilibre avec le mercure EF, quoiqu'en beaucoup plus grande quantité, comme il a été prouvé ci-devant à l'égard de l'eau, auſſi le reſſort de l'air en FC fera équilibre avec le mercure GH, puiſqu'il le ſoûtiendroit ſi GH étoit de même largeur que FC; & par conſéquent il fait autant d'effet que ſi la branche EC étoit auſſi haute que l'autre, & qu'il y eût du mercure juſques à la même hauteur H: j'en ai fait les expériences ſuivantes: Aiant fait verſer du mercure juſques à L, qui étoit le tiers de EC, il s'en trouva 14 pouces moins $\frac{1}{4}$ au-deſſus de IL dans l'autre branche; & il s'y en trouva 27 pouces $\frac{1}{2}$ au-deſſus de GF, quand l'eſpace EF moitié de EC en fut plein; & y en aiant fait mettre juſques à 44 pouces $\frac{1}{2}$ au-deſſus de NM, MC ſe trouva de trois parties $\frac{1}{2}$ un peu plus de telles parties que EC en contenoit 10; ce qui fait toûjours la même proportion, car les barométres étoient alors à 27 pouces $\frac{1}{2}$. Par de ſemblables raiſons ſi la branche EC étoit beaucoup plus étroite que l'autre, l'air qui y ſeroit enfermé,

ſe-

feroit de femblables équilibres par fon reffort avec le mercure de l'autre branche. On verra les mêmes proportions lorfque l'air fera plus raréfié que celui du lieu où fe fait l'expérience; ce qu'on éprouvera en cette forte:

Aïez un barométre AB de telle grandeur que vous voudrez, comme, par exemple, de 38 pouces; faites-y une marque à un point comme Z, à un pouce au-deffus du bout ouvert B, afin que ce bout étant plongé dans le mercure du petit vaiffeau CDE jufques à cette marque, il refte 37 pouces au-deffus. Empliffez le tuyau de mercure, & y laiffez 9 pouces d'air, afin que quand le tuyau fera renverfé, comme on le voit en la figure, & foûtenu avec le doigt, il y ait 9 pouces d'air au haut du tuyau. Alors fi vous trempez le doigt avec le bout du tuyau dans le mercure du petit vaiffeau, & que vous ôtiez enfuite le doigt, le mercure defcendra & s'arrêtera après quelques balancemens à 21 pouces; ce qui doit arriver pour conferver la proportion des poids & des condenfations expliquées ci-devant; & on peut le prouver en cette forte:

TAB. XV. Fig. 43.

DÉMONSTRATION.

SOit le tuyau AB de 38 pouces; ZB d'un pouce; AH de l'air enfermé au-deffus du mercure HB de telle étenduë qu'on voudra, foûtenu avec le doigt en B. Je dis premièrement, que fi on ôte le doigt, le mercure defcendra: car d'autant que l'air AH eft condenfé de la même manière que celui du lieu où fe fait l'expérience, il doit faire par fon reffort équilibre avec tout le poids de l'atmofphère, comme il a été éprouvé; & étant joint avec le poids du mercure en ZH, ces deux puiffances enfemble furpafferont le poids de l'atmofphére, & il faudra de néceffité que l'air AH fe dilate, & qu'une partie du mercure defcende: mais il ne defcendra pas entièrement; car s'il defcendoit entièrement, l'air AH fe dilateroit beaucoup, & en cet état il ne pourroit plus faire équilibre avec le poids de l'atmofphére: d'où il fuit qu'une partie du mercure doit demeurer dans le tuyau. Je dis encore, que fi AH eft de 9 pouces, qu'il fe dilatera & repouffera le mercure, en forte qu'il demeurera élevé de 16 pouces au-deffus de la furface fupérieure du mercure FZG. Soit cette élévation ZL: or alors il y aura équilibre entre le poids de toute la colomne d'air de l'atmofphére, & le reffort de l'air dilaté AL joint au poids des 16 pouces de mercure ZL; & parce que le complément de 16 à 28 eft 12, l'air dilaté AL fera équilibre par fon reffort au poids de 12 pouces de mercure qui reftent pour le poids de l'atmofphére au-delà des 16 pouces: mais comme 28 à 12, ainfi AL de 21 pouces eft à 9. D'où il fuit que le mercure doit demeurer à 16 pouces d'élévation au-deffus de la marque Z, lorfqu'on laiffe 9 pouces d'air dans le tuyau au-deffus du mercure, à caufe que l'air fe condenfe à proportion des poids dont il eft

char-

chargé. Que si le mercure dans une autre expérience se mettoit à 21 pouces, on pourra juger suivant la même régle, que puisque ces 21 pouces de mercure font équilibre avec les $\frac{3}{4}$ du poids de l'air, le quart restant qui doit valoir 7 pouces, sera soûtenu par le ressort de l'air raréfié qui est renfermé dans le tuyau, selon la distinction de l'équilibre des ressorts. Or 28 pouces de mercure, poids entier de l'atmosphére, est à 7 pouces comme 16 pouces d'air dilaté est à 4 pouces d'air; d'où l'on jugera qu'il faut laisser 4 pouces d'air dans le tuyau au-dessus du mercure, afin qu'il se mette à 21 pouces, & que l'air se dilate à 16 pouces. Que si on veut réduire le mercure à 14 pouces, qui est la moitié du poids de l'atmosphére dans le même tuyau au-dessus de la marque Z, il faut considérer qu'il restera 23 pouces jusques à A, & que l'air dilaté de 25 pouces doit faire équilibre par son ressort à la moitié restante du poids de l'atmosphére. Il faudra donc dire, que comme 28 est à 14, supplément de 14 à 28, ainsi 23 d'air dilaté qui remplit le tuyau au-dessus des 14 pouces, est à $11\frac{1}{2}$: ce qui fera connoître qu'il faut laisser 11 pouces & demi d'air au-dessus du mercure dans le tuyau de 38 pouces avec l'expérience; & il paroîtra manifestement que le ressort de l'air enfermé ne faisant alors équilibre qu'avec la moitié du poids de l'air de l'atmosphére, puisque les 14 pouces de mercure font équilibre avec le reste, il se sera raréfié en proportion double. Et par toutes ces expériences on pourra juger en se servant de la régle expliquée ci-devant, quelle quantité d'air il faudra laisser dans un tuyau grand ou petit, afin que le mercure s'y mette à telle hauteur qu'on voudra. Car quand le tuyau seroit seulement de six pouces au-dessus de la marque Z, on trouvera les mêmes proportions en faisant le calcul de même: comme, par exemple, si 2 pouces est la hauteur donnée du mercure, & qu'on ait trouvé que comme 28 est à 26, complément de 2 à 28, ainsi 4 espace de l'air dilaté au-dessus des deux pouces de mercure est à $3\frac{5}{7}$; 3 pouces $\frac{5}{7}$ sera la quantité d'air qu'il faudra laisser dans le tuyau, afin que le mercure se mette à deux pouces de hauteur dans un tuyau de 7 pouces, plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau.

Que si la quantité de l'air enfermé dans le tuyau étoit donnée, & qu'on voulût sçavoir à quelle hauteur demeureroit le mercure après l'expérience, on pourra se servir du calcul algébrique, en y appliquant les mêmes régles, comme je l'ai enseigné dans l'*Essai de Logique*, & dans le Traité de la *Nature de l'air*.

On trouvera de semblables équilibres du ressort de l'air dans les tuyaux pleins d'eau & d'air, en supposant que le plus grand poids de l'atmosphére est égal au poids de 31 pieds d'eau; ce qu'on a trouvé par expérience: car le barométre étant à 27 pouces 8 lignes, le barométre d'eau étoit à 31 pieds 1 pouce; & étant à 28 pouces, l'autre étoit à 31 pieds 4 pouces; & s'il eût été à 28 pouces 7 lignes, comme il s'y met quelquefois, l'eau auroit été à 32 pieds. Si le tuyau est de 40 pieds, & qu'on

qu'on veuille réduire l'eau à 16 pieds, il faudra mettre 12 pieds d'air au-dessus de l'eau; car l'air se dilatant au double, & occupant 24 pieds, il fera équilibre par son ressort avec la moitié du poids de l'atmosphére, & les 16 pieds d'eau qui restent, feront équilibre avec l'autre moitié. On suppose qu'une petite partie du tuyau étant plongée dans l'eau où on le trempe, pour faire l'expérience de même que celle du mercure, il en reste 40 pieds au-dessus.

De-là on voit manifestement, que si on plonge dans de l'eau fort profonde une bouteille renversée pleine d'air, aiant des poids autour de son goulet suffisant pour la faire aller au fond, lorsqu'on la descendra peu à peu, l'eau y entrera & montera peu à peu dans le goulet; & que quand elle sera descendue à 32 pieds de profondeur, l'eau qui y entrera, réduira l'air à la moitié de l'étenduë qu'il avoit dans la bouteille avant que de la plonger; ce que j'ai expliqué plus amplement dans l'Essai de la *Nature de l'air*.

On voit encore l'erreur de ceux qui croïent que dans une pompe on peut faire monter l'eau jusques à 32 pieds en l'atirant avec un piston, puisque selon le jeu du piston on ne peut l'élever qu'à une certaine hauteur déterminée. Car soit, par exemple, un corps ou tuyau de pompe uniforme de 20 pieds, aiant au-dessus de 20 pieds un piston de même largeur, & qui ne puisse être élevé & baissé que de l'espace d'un pied; je dis que s'il y a une soupape au bas de la pompe, & qu'on fasse jouer le piston, l'eau ne pourra pas s'élever jusques à 12 pieds. Car, qu'elle soit élevée s'il est posible à 11 pieds, ou qu'on verse sur la soupape de l'eau jusques à 11 pieds de hauteur, & qu'on raccommode le piston; il restera 9 pieds d'air jusques au piston; & cet air qui se raréfiera en élevant le piston d'un pied, ne pourra être raréfié que comme 9 à 10; & parce que 21, complément de 11 pieds à 32, qui est le poids de l'atmosphére, est à 32, comme 9 à 13 $\frac{5}{7}$, il faudroit pour soûtenir l'eau à 11 pieds, que le piston s'élevât à 4 pieds $\frac{5}{7}$ pour faire l'équilibre entre le poids de l'atmosphére, & le ressort diminué de l'air enfermé joint au poids des 11 pieds d'eau; comme il a été expliqué ci-devant. D'où il s'ensuit que par l'élévation du piston à un pied seulement, la soupape ne s'ouvrira point, & l'eau ne montera pas plus haut que les 11 pieds.

Pour donner des régles de ces élévations d'eau dans les pompes, on se servira du calcul algébrique en cette maniére: On appellera A la hauteur où doit monter l'eau dans le tuyau de pompe par le jeu du piston, faisant abstraction du poids de la soupape. Soit le tuyau de pompe au-dessus de la surface de l'eau qu'on veut élever de 12 pieds, & supposé qu'on la veuille élever jusques à ces 12 pieds par un seul coup de piston, on fera cette analogie: Comme 20, complément de 12 pieds à 32, est à 32, ainsi 12 pieds d'air ordinaire à un 4e. proportionnel; ce 4e. proportionnel sera 19 $\frac{1}{5}$; ce qui fera voir qu'il faudroit que le tuyau de pompe fût assez grand pour élever le piston jusques à 19 pieds $\frac{1}{5}$ au-

 dessus

dessus de douze pieds pour faire monter l'eau jusques à 12 pieds par un seul coup de piston. Mais si le jeu du piston étoit limité à 2 pieds, on dira: Comme 32—A est à 32, ainsi 12—A est à 14—A; le premier terme est le complément de la hauteur inconnue où montera l'eau, à 32 pieds d'eau qui est le poids de l'atmosphére; le 3e. terme est les 12 pieds moins cette hauteur; & le 4e. est les 2 pieds où le piston s'éléve joint aux 12 pieds moins la même hauteur. Or le produit de 14—A par 32—A est 448 —46 A + A A, & le produit des deux termes du milieu est 384—32 A; l'équation étant réduite il y aura égalité entre A A & 14 A—64; & parce qu'on ne peut ôter de 49 quarré de 7 moitié des racines, 64, c'est une marque qu'en continuant de pomper on fera monter à plusieurs fois l'eau jusques au piston; & pour sçavoir combien elle montera au premier coup, il faut supposer que le piston soit élevé de deux pieds: il y aura donc un tuyau uniforme de 14 pieds. Et suivant ce qui a été dit dans l'Essai de *Logique*, & le Traité de la *Nature de l'air*, on fera ce calcul: L'air enfermé étoit de 12 pieds; 12 pieds + A est à A, comme 32 à 2—A; l'équation étant réduite, on trouvera que A A sera égal à 24—42 A, & enfin que la valeur de la racine sera un peu moins de $\frac{4}{7}$, laquelle ôtée de 2 restera 1 $\frac{3}{7}$ un peu plus; & par conséquent l'eau ne montera par le premier coup de piston, qu'à 1 pied $\frac{3}{7}$ un peu plus.

Si on avoit supposé le jeu du piston d'un pied, on sçauroit par le même calcul jusques où l'eau s'éléveroit par le premier coup de piston. Et si l'on veut sçavoir jusques où elle peut s'élever aprés plusieurs coups, il faut dire: Comme 32—A est à 32, ainsi 12—A est à 13—A; l'équation étant réduite on trouvera 13 A 32 égal à A A: le quarré de 6 $\frac{1}{2}$ moitié des racines est 42 $\frac{1}{4}$, dont ôtant 32 reste 10 $\frac{1}{4}$, dont la racine est 3 & $\frac{5}{24}$ un peu moins; ôtez-la de 6 $\frac{1}{2}$, reste 3 & $\frac{7}{24}$; ajoûtez-la à 6 $\frac{1}{2}$, ce sera 9 $\frac{17}{24}$, & ces nombres 3 $\frac{7}{24}$ & $\frac{17}{24}$ seroient les 2 racines; ce qui fera voir que jamais l'eau ne peut monter quand le tuyau est vuide, qu'à trois pieds & $\frac{7}{24}$ un peu plus, encore qu'on fasse jouer le piston tant qu'on voudra: mais que si l'on avoit rempli le tuyau jusques à 9 pieds $\frac{18}{24}$, on acheveroit de faire monter l'eau jusques à 12 pieds par plusieurs coups de piston.

Supposons maintenant que le tuyau jusques au piston soit 14 pieds, & que le jeu du piston soit de 2 pieds; 32—A sera à 32 comme 14—A à 16—A. Pour trouver facilement l'équation, il faut multiplier 32 par deux, différence de 14 & de 16; le produit est 64 pour le nombre absolu, & 16 A sera le nombre des racines, & A A sera égal à 16 A—64; le quarré de la moitié des racines est 64, dont ôtant 64, reste zero, dont la racine est zero, qui ôté & ajoûté à 8, fait toûjours 8; ce qui marque qu'il n'y a qu'une racine & que l'eau ne peut monter qu'à 8 pieds: mais que si peu qu'on fasse jouer le piston plus haut que les deux pieds, l'eau montera jusques à 14 pieds. L'analogie est facile: car

car le piston étant monté à 2 pieds, le tuyau sera de 16 pieds, & l'eau étant à huit pieds, il restera 6 pieds d'air : mais 32 est à 24, complément de 8 pieds à 32, comme 8 pieds d'air dilaté à 6 pieds d'air commun ; donc l'eau ne montera pas plus haut que les 8 pieds si le piston ne joue que de 2 pieds.

De-là on voit que pour faire monter de l'eau par aspiration à une hauteur considérable comme de 20 pieds, il faut diminuer le tuyau de pompe de largeur, & donner un jeu suffisant au piston : car supposé, que la surface du piston soit 4 fois plus large que la base du tuyau, un pied d'élévation du piston en vaudra 4 si le piston n'étoit pas plus large ; si donc le jeu est d'un pied & demi, ce sera de même que si on l'élevoit à 6 pieds étant de même largeur. Or les 4 termes de l'équation étant de 32—A, 32, 20—A, 26—A ; il y aura 6 fois 32, sçavoir 192 pour un terme de l'équation, & l'autre 26 A, suivant ce qui vient d'être dit : ce sera donc A A égal à 26 A moins 192 ; le quarré de la moitié des racines est 169 moindre que 192 ; & par conséquent en pompant longtems, on fera monter l'eau jusques à 20 pieds.

Si dans l'exemple ci-dessus on prend les 8 pieds pour le plus haut terme de l'eau : quand le tuyau est de 14 pieds & le jeu du piston 2 pieds, il est aisé de prouver que si l'on suppose 9 pieds d'eau sur la soupape, elle achevera de monter par le jeu du piston à 2 pieds ; car il restera 5 pieds d'air. Or il y a moindre raison de 5 à 7 que de 27, complément de 5 à 32, à 32 ; & par conséquent l'eau montera plus haut que les 9 pieds. La proportion sera toûjours plus inégale en prenant 10 pieds ou 11 pieds, & si l'on prend 7 pieds au lieu de 8 pieds, l'eau montera encore ; car il restera 7 pieds d'air : or 25, complément de 7 à 32, est à 32 comme 7 à $8\frac{21}{25}$. Donc si le piston va jusques à 2 pieds, il fera monter l'eau plus haut que les 7 pieds. Elle montera encore plus aisément si on n'en verse que jusques à 6 pieds ; car il y aura 8 pieds d'air : or 26 complément est à 32 comme 8 à $9\frac{22}{26}$. Donc si au lieu de $6\frac{22}{26}$ qui fait l'équilibre, le piston va jusques à 10 pieds, il fera encore mieux monter l'eau que quand elle étoit à 7 pieds, & encore mieux quand elle sera à 5 pieds &c. Si on vouloit sçavoir quel jeu de piston seroit nécessaire pour faire monter l'eau à 30 pieds, il faut prendre un nombre un peu plus grand que la moitié de 30, comme 16, où sera à peu près la plus grande difficulté d'élever l'eau : le complément est 16 : le reste de l'air est 14 : comme seize à 32 ainsi 14 à 28 : il faudra donc que le piston s'éléve de 14 pieds, ou que si le tuyau a 2 pouces de diamétre, celui du piston soit de 7 pouces $\frac{1}{2}$; car le quarré de $7\frac{1}{2}$ est $56\frac{1}{4}$, qui est un peu plus que 14 fois 4 quarré de 2 pouces, & alors il suffira que le jeu du piston soit d'un pied : mais comme à 18 pieds l'élévation est encore plus difficile, il faudra 8 pouces de diamétre au piston, afin que son jeu étant d'un pied, il éléve l'eau plus haut que les 18 pieds. On explique facilement par la même force du ressort de l'air l'expérience suivante, qui est assez curieuse :

TAB. XV. Fig. 44. Aïez un tuyau A G fermé par en-bas, large d'environ 12 ou 15 lignes, mais un peu plus étroit vers A, afin qu'on le puisse fermer exactement avec le pouce; empliſſez-le d'eau, & y mettez quelque petite figure de verre ou de cuivre, creuſe au dedans, & percée comme en D d'un petit trou à mettre une épingle, afin que l'air & l'eau y puiſſent entrer, & que ſa peſanteur à l'égard de l'eau ſoit ſi bien proportionnée, que ſi on ajoûte un petit poids, elle aille au fond, & que ſi on l'ôte, elle nage au dedans comme de la cire. Appliquez le doigt ſur le bout ouvert A & le preſſez bien fort; la petite figure deſcendra juſques en B ou plus bas & juſques au fond: relevez le pouce, elle remontera; & ſi étant remontée comme en E ou C, on remet le pouce, elle recommencera à deſcendre. La cauſe de ces effets eſt, que lorſqu'on preſſe l'eau avec le pouce, on preſſe auſſi l'air qui eſt dans la figure, & on le condenſe quoiqu'on ne condenſe pas l'eau; & par conſéquent on fait entrer un peu d'eau dans la figure par le petit trou D; ce qui fait que ſa peſanteur ſpécifique eſt alors plus grande que celle de l'eau, & elle deſcend: mais lorſqu'on léve le pouce, l'air enfermé repouſſe l'eau par ce même trou par la vertu de ſon reſſort qui eſt mis en liberté; & reprenant ſa dilatation, la figure avec l'eau & l'air enfermé reprend ſa première diſpoſition & remonte. Que ſi on léve le pouce bien vîte, une petite partie de l'air ſortira ſoudainement avec l'eau par le petit trou; & l'un & l'autre fera par ſon choc contre l'eau du tuyau pirouetter la figure. Il arrive quelquefois qu'il ſort trop d'air de la figure, & qu'étant au fond elle ne peut remonter quoiqu'on ait levé le pouce: alors il faut plonger le pouce bien avant dans le tuyau, & le retirer en ſorte qu'il rempliſſe le canal exactement; afin qu'il n'y entre point d'air extérieur en la place du pouce; & il arrivera que l'air de la figure étant alors beaucoup moins preſſé ſe dilate beaucoup plus qu'à l'ordinaire, & fait ſortir plus d'eau par la petite figure; ce qui la rendra plus légére & la fera monter en haut, pourvû qu'on tienne toûjours le pouce dans le tuyau ſans l'ôter entièrement. Quelquefois le poids de la figure & de l'air qui y eſt enfermé, eſt ſi bien proportionné à la peſanteur ſpécifique de l'eau, qu'en mettant le pouce en A, la figure deſcend comme juſques en F, & en relevant le pouce elle remonte: mais ſi on la fait deſcendre comme juſques en B, & qu'on léve le pouce, elle acheve de deſcendre; ce qui procéde de ce que le poids de l'eau A C ne preſſe pas aſſez l'air de la petite figure pour y faire entrer de l'eau ſuffiſante pour la rendre d'une peſanteur ſpécifique égale à celle de l'eau, & que le poids de l'eau A B preſſe aſſez l'air pour cet effet; ce qui la fait deſcendre juſques au fond, où le poids de l'eau étant encore plus grand, fait condenſer l'air de la petite figure plus qu'auparavant, & y fait entrer un peu plus d'eau; d'où il arrive qu'on à plus de peine à la faire remonter. De-là on voit l'erreur de ceux qui croïent que l'eau & l'air ne péſent rien ſur les corps qui ſont au-deſſus, & le ju-

jugent ainsi parce que nous ne sentons point le poids de l'air. Mais il faut considérer que notre corps est disposé naturellement pour la pression de l'air telle qu'elle est ici-bas; c'est pourquoi nous n'en souffrons aucune incommodité. Mais si nous étions transportés en un air deux fois plus raréfié, la matière aërienne qui seroit dans notre sang & dans les autres parties de notre corps qui sont fort chaudes, se remettroit en air, & feroit des bouillonnemens qui enfleroient notre corps, & nous seroient très-incommodes. On en voit l'expérience quand on enferme un oiseau dans la machine du vuide; car quand on a réduit l'air à une dilatation double ou triple de celle qu'il a près de la terre, l'oiseau meurt en peu de tems, à cause que son sang chaud n'étant plus pressé par le ressort ordinaire de l'air, jette quantité de bulles de même que l'eau chaude qu'on y enferme en même tems. Que si au contraire on étoit dans un air qui fût doublement condensé, on en souffriroit beaucoup, quoiqu'on eût de la peine à ressentir son pressement; parce que si d'un côté il pressoit la poitrine pour empêcher la respiration, d'autre côté l'air qui y entreroit par la respiration aiant un ressort, empêcheroit l'action de l'air externe. D'où il s'ensuit, que ceux qui vont 7 ou 8 pieds sous l'eau, n'en doivent ressentir aucun poids sensible, parce qu'elle les presse également de tous côtez, & que le poids de l'atmosphére étant égal au poids de 32 pieds d'eau, ces huit pieds ajoûtés n'augmentent la pression que d'environ $\frac{1}{4}$; ce qui ne peut être bien sensible. Quelques-uns objectent contre ces raisonnemens & ces effets du ressort de l'air, que lorsqu'on se sert d'un tuyau percé par les deux bouts pour faire les expériences de l'air enfermé au-dessus du mercure, & que quelqu'un ferme le bout supérieur du tuyau avec le doigt pour empêcher la communication de l'air avec celui qui est enfermé; il arrive que lorsqu'on fait l'expérience, il semble à celui qui ferme le bout supérieur, que son doigt soit comme sucé & attiré par le mercure qui descend, & même il en reçoit de la douleur comme d'un pincement. D'où ils concluent que l'air dilaté dans le tuyau ne fait pas effort pour soûtenir une partie de l'air de l'atmosphére, puisqu'il appuïeroit contre ce doigt & le repousseroit plûtôt que de l'attirer. Pour satisfaire à cette difficulté, il faut considérer que lorsqu'on enferme quelques cors, comme une pomme ridée, dans les machines du vuide, & qu'on a pompé une grande partie de l'air qui y étoit enfermé, ces corps s'enflent & se dilatent; & que si on y avoit enfermé la moitié du doigt par le moïen d'une vessie coupée par les deux bouts ou par quelqu'autre moïen, cette partie du doigt s'enfleroit extrêmement, & on y sentiroit beaucoup de douleur. D'où il suit que la partie du doigt qui ferme le bout supérieur du tuyau du barométre, étant contigue à de l'air beaucoup dilaté, & le reste étant pressé par tout le poids de l'atmosphére, cette petite partie doit s'enfler, & faire une grande convexité vers l'intérieur du tuyau; ce qui ne se peut faire sans douleur; & plus l'air sera raré-

raréfié dans le tuyau, plus cette enflure & cette douleur sera sensible; & le foible repoussement de cet air raréfié ne sera pas suffisant pour empêcher cette enflure du bout du doigt, puisque le reste qui est dans l'air libre, sera beaucoup plus pressé.

On peut encore objecter, que quand il y a 28 pouces de mercure suspendu dans le tuyau, si on le souléve sans le mettre hors du mercure, le vaisseau en sent un poids égal à celui du mercure enfermé; ce qui ne devroit point être s'il faisoit équilibre avec le poids de l'atmosphére. On répond à cette difficulté, en disant que l'air supérieur qui est au-dessus du tuyau, n'a point alors d'autre air qui lui fasse équilibre; car celui qui devroit le soûtenir au-dessous du tuyau, soûtient le mercure qui y est: donc on doit soûtenir tout le poids de l'air supérieur qui pése 28 pouces de mercure; & si le tuyau n'étoit que de quatorze pouces, & que le mercure y demeurât jusques au haut, alors on ne sentiroit que quatorze pouces de mercure de poids, parce que l'air qui s'appuïe sur le mercure du petit vaisseau, soûtiendroit ces 14 pouces, & feroit encore effort de 14 pouces vers le haut du tuyau intérieurement; ainsi il feroit équilibre avec la moitié du poids supérieur de l'air, & la main soûtiendroit le reste.

La flamme peut faire aussi équilibre par son ressort avec les autres corps: mais comme il n'y a que la flamme de la poudre à canon qui puisse souffrir d'être comprimée sans s'éteindre, & que cette flamme dure très-peu de tems, il est difficile de faire des expériences de son équilibre; & la force de son ressort est si grande, qu'on n'a pu encore trouver de poids si grand qu'elle ne surmonte, puisqu'elle peut renverser des bastions entiers & même des montagnes.

Pour entendre comme se fait un si grand effort, on peut supposer qu'il y ait une certaine quantité de poudre allumée qui remplisse un tuyau assez large situé perpendiculairement, & qu'un grand poids dont la largeur occupe & remplit précisément celle du tuyau en pressant la flamme de cette poudre, la fasse resserrer jusques à ce qu'étant réduite à un petit espace il se fasse équilibre entre ce poids & le ressort de la flamme, sans qu'elle s'éteigne; ce qu'on peut concevoir se faire pendant l'espace d'une seconde: & en cet état le ressort de cette flamme feroit équilibre avec le poids, en sorte que si le poids étoit augmenté, cette même flamme se réduiroit à un plus petit espace, supposé qu'elle ne s'éteignît point; & son ressort, qui seroit alors plus fort, feroit encore équilibre avec ce plus grand poids. Or si on conçoit qu'en ce moment il s'allume quelque quantité de nouvelle poudre, le ressort de la flamme sera augmenté, & le poids ne pouvant plus faire équilibre sera poussé en haut, & étant une fois en mouvement la continuation de l'extension du ressort de la flamme qui se développera & s'étendra de plus en plus, accélérera son mouvement de plus en plus, & enfin le poussera jusques bien haut dans l'air.

Cela supposé, il est aisé de concevoir que si l'on met 10 ou 12 milliers de poudre dans une mine, & que toute cette poudre étant allumée puisse occuper une espace de 200 pieds de hauteur & de 100 pieds de largeur, il arrivera qu'il s'en allumera au commencement une petite quantité qui ne sera pas suffisante pour enlever tout le bastion: mais parce que cette flamme a la propriété de ne point s'étouffer pour être pressée, il s'en allumera 30 ou 40 fois davantage que ce qu'en pourroit tenir la chambre de la mine si elle étoit découverte; & alors si son ressort est assez fort, elle commencera à élever la terre qui est au-dessus, laquelle étant une fois en mouvement, & le reste de la poudre continuant à s'enflammer & remplissant l'espace que la terre a quitté en commençant à s'élever, en sorte que son ressort soit encore plus fort que le poids de la terre qui est déja en mouvement, elle accélérera sa vitesse de plus en plus, & poussera enfin le bastion en haut & à côté, ou du moins une partie, jusqu'à ce que toute la flamme ait acquis l'étenduë qui lui est naturelle dans l'air libre.

Un peu de poudre fait de semblables effets dans les canons; car elle s'allume successivement, quoiqu'en très-peu de tems, sans pousser le boulet, jusques à ce que le ressort de la flamme pressée surmonte la résistance du boulet: & lorsqu'elle a commencé à l'émouvoir, le reste de la poudre qui s'allume promptement, augmente son ressort & accélére la vitesse du boulet jusques à le pousser à 7 ou 800 toises.

De-là on voit qu'un canon de 20 pieds doit porter son boulet plus loin qu'un de 10 pieds, parce que la poudre a plus de tems pour s'allumer & augmenter son ressort pendant que le boulet parcourt ces espaces.

On voit aussi que si un gros de poudre allumée a la force d'ébranler un boulet qui ne soit pas bien joint au canon, il ne sera pas poussé si loin que s'il étoit bien bouré & pressé avec du liége ou autre chose qui l'empêchât d'être mis en mouvement jusques à ce qu'il y eût 2 ou 3 gros de poudre allumée: car en ce dernier cas le commencement de son mouvement seroit plus vîte & son accélération plus grande.

Par la même raison la poudre étant bien fine & facile à être enflammée poussera le boulet plus loin que si elle est grossière, parce qu'il s'en allume davantage pendant que le boulet est dans le canon.

TROISIÈME DISCOURS,

De l'Equilibre des corps fluides par le choc.

LA flamme peut faire équilibre par son choc avec des poids. On peut en mesurer la force, si en la faisant sortir par un tuyau assez large on la fait choquer contre les aîles d'une rouë située horisontalement,

ment, pourvû que ces aîles soient toutes situées obliquement en un même sens comme celles des moulins à vent. On se sert en plusieurs lieux de la flamme qui monte dans les cheminées, pour faire tourner quelques petites machines auprès du feu : plus le feu est grand, plus le mouvement de la flamme est vîte ; mais ce mouvement ne peut être augmenté beaucoup par l'art, & son choc n'a pas beaucoup de force. Une fusée volante s'éléve par le choc de sa flamme contre l'air ; mais si elle pése trop, elle ne peut s'élever : ainsi on peut mesurer son équilibre. La flamme du tonnerre, qui va fort vîte, fait des efforts très-considérables ; car elle renverse des tours & des rochers. La vitesse de la flamme augmente aussi la force de brûler, comme on le remarque souvent dans les incendies quand le vent est très-grand. On en voit aussi des effets très-sensibles quand les Emailleurs soufflent le feu de leurs lampes contre du verre ou contre les métaux pour les fondre. Mais parce que la flamme ne se gouverne pas facilement pour demeurer dans une même vitesse ou dans une même largeur, & qu'il coûteroit trop pour l'entretenir, on s'en sert très-rarement dans les machines ; c'est pourquoi il n'est point nécessaire d'examiner ici sa force, ni de la comparer avec celles des autres corps fluides.

L'air & l'eau sont emploïés dans les machines pour les faire mouvoir par leur choc. On peut connoître l'équilibre qu'ils font entre eux & avec les corps fermes qu'ils choquent, par les régles suivantes.

I. RÉGLE.

Les jets d'eau ne choquent pas par l'effort de toutes leurs parties comme les corps fermes.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 45. A B est un jet d'eau sortant du cylindre C D, & E F est un cylindre de bois. Il est manifeste que les parties qui composent E F, étant liées & unies ensemble, elles font toutes ensemble leur effort en choquant un corps par l'extrémité F. Mais un jet d'eau comme A B, étant porté selon la direction A *d* B, ne peut agir que par ses premières parties : car l'eau étant fluide & comme composée d'une infinité de petits corpuscules qui glissent les uns sur les autres, comme feroient de très-petits grains de sable ; il n'y a que les premiers vers B, qui puissent faire le premier effort sur les corps qu'ils rencontrent, & ils se réfléchissent ou s'écartent avant que les autres qui sont comme en *d*, aïent choqué à leur tour. Pour bien entendre ceci, il faut considérer que la vitesse qu'a l'eau à la sortie d'une petite ouverture faite au bas d'un tuyau fort large, est bien différente de la vitesse de celle qui sort par un tuyau d'égale largeur par-tout ; d'autant qu'en ce dernier cas elle commence à for-

sortir avec une vitesse très-petite & pareille à celle d'un cylindre de glace qu'on laisseroit tomber. Car soit un tuyau uniformément large A B, plein d'eau soûtenue en B avec le doigt ; il est évident que la même vitesse que prend l'eau B à la sortie, est égale à celle en A, & que tout le cylindre d'eau tombe tout d'une piéce, comme s'il étoit solide : & par conséquent il suit les mêmes régles à l'égard de la vitesse de la chûte, qu'un cylindre de glace de même volume ; à sçavoir, que commençant par une vitesse très-petite, elle s'augmenteroit en descendant selon les nombres impairs 1, 3, 5, 7, &c. c'est-à-dire, que si en un quart de seconde elle descendoit d'un pied, le quart suivant elle descendroit de trois pieds, dans le troisième de cinq pieds, &c. D'où il s'ensuit, que l'eau qui étoit en A, étant arrivée en B, sortira bien plus vîte que celle qui sort la première. TAB. XV. Fig. 46.

Galilée a parlé bien au long de l'accélération de la vitesse des corps qui tombent dans l'air libre. Voici comme je la conçois : S'il y a quelque corps très-léger qui choque un corps 100 fois plus pesant, il lui donnera la 100e. partie de sa vitesse, & le choquant une 2e. fois, il lui en donnera encore une autre 100e: en sorte que si le corps choquant avoit 101 degrez de vitesse, le corps choqué en prendra un degré au premier choc, & sa quantité de mouvement sera 100 ; & étant choqué une seconde fois avec la même vitesse de 101 degrez par le corps léger, il en recevra un nouveau degré de vitesse, lequel joint au premier sera deux degrez ; le 3e. choc lui ajoûtera encore un degré, & ainsi de suite, comme il a été prouvé dans le *Traité du choc des Corps*. La même chose arrivera si quelque puissance foible tire à soi un corps très-pesant, le tirant par reprises. Or, soit que les corps soient tirés, ou poussés par une matière fluide très-légére, il doit arriver que si au premier moment de son effort il passe une ligne par une vitesse uniforme, au 2e. choc & au 2e. moment il en passera 2, au 3e. moment 3, &c.

Or si l'on prend plusieurs nombres de suite, commençant à l'unité, comme 1, 2, 3, 4, &c. jusques à 20, & qu'on compte 20 momens ; la somme de cette progression sera 210 : & si on compte 40 momens, selon la même progression jusques à 40 ; la somme de ces derniers nombres sera 820, qui est quadruple à peu près de 210, somme des 20 premiers nombres : mais à l'infini cette dernière somme sera quadruple de la première précisément, parce que la proportion du défaut diminue toûjours ; ce que *Galilée* a aussi conclu dans son Traité de l'accélération du mouvement des corps qui tombent. Mais si le mouvement se fait au travers d'un corps fluide fort pesant, l'accélération sera bien-tôt arrêtée, & le corps tombant réduit à une vitesse uniforme ; comme aussi si c'est un corps fort léger qui tombe par l'air libre, ainsi qu'il a été prouvé dans le *Traité de la Percussion*.

On peut juger encore de la lenteur de la sortie des premières goutes d'eau, lorsque les tuyaux sont uniformément larges, par l'expérien-

ce suivante: Aïez un tuyau recourbé de 2 ou 3 pieds de hauteur comme C D G d'égale largeur par-tout; versez de l'eau par C, jusques à ce qu'elle coule par G: fermez le bout G, & achevez d'emplir le tuyau jusques à C: mettez ensuite l'autre doigt sur ce bout, & ouvrez le bout G; l'eau ne coulera point si le tuyau n'a que 3 ou 4 lignes de largeur: levez le doigt qui ferme le bout C, & le remettez très-promptement; l'eau ne jaillira par G qu'à 4 ou 5 lignes de hauteur: au lieu que si le tuyau C D est beaucoup plus large que l'ouverture G, par exemple, s'il a 9 lignes de largeur, & l'extrémité 2 ou 3 lignes, & que vous ouvriez & refermiez avec la même promptitude la petite ouverture en G; les goutes d'eau qui sortiront par G, jailliront jusques à fort près de la hauteur C. Vous connoîtrez encore la même lenteur de l'eau à sa première sortie du tuyau, comme A B en la figure 51, 52, & son accélération, si vous emplissez d'eau ce tuyau, & si la soûtenant avec un doigt, vous soûtenez aussi une petite pierre avec un autre doigt de la même main: car en tirant la main tout-à-coup vous verrez descendre la pierre & le bas de l'eau avec une même vitesse jusques à 12 ou 15 pieds.

TAB. XV. Fig. 47.

On fait encore une expérience fort curieuse pour la preuve de cette régle, en la manière qui s'ensuit:

TAB. XV. Fig. 50.

Aïez un long tuyau de 8 ou 10 pieds de hauteur, comme M N en la figure 50e, le plus poli & le plus égal en dedans qu'on pourra, plein d'eau, laquelle on soûtiendra avec le doigt, & on la laissera couler tout-à-coup sur l'extrémité de la régle Q R près du point R, laquelle régle servant de balance doit être horisontale & appuïée par l'autre bout sur un soûtien comme O V, & le point R doit être éloigné seulement de 5 ou 6 lignes de la base du tuyau par où l'eau coule, c'est-à-dire, une ligne de plus que l'épaisseur du doigt qui soûtient l'eau: alors, si à l'autre extrémité Q il y a un poids Q plus petit d'un quart ou d'un cinquième que le poids de toute l'eau du cylindre, ce poids Q ne s'élévera point au commencement de la chûte de l'eau quoiqu'il semble que toute l'eau pése sur R, mais seulement lorsque le tuyau sera presque vuide; ce qui fait voir que ce sont seulement les premières parties de l'eau qui font l'impression, & que lorsqu'elles sortent très-lentement, comme elles font au commencement de leur chûte, elles ne peuvent élever qu'un poids bien moindre que le poids de tout le cylindre; mais que lorsqu'elles ont acquis une grande vitesse en tombant depuis la hauteur M, celles qui restent, élévent par leur grand choc ce que les premières ne pouvoient élever par leur petit choc au commencement de leur chûte. Que si on éléve le même tuyau deux ou trois pieds au-dessus de R, & qu'on y laisse de l'eau au fond seulement d'un pouce de hauteur; si le tuyau a sept ou huit lignes de largeur, elle fera moins d'impression en tombant sur R pour élever un poids en Q, qu'une boulette de cire ou de bois moins pesante de la moitié tombant de pa-

reille

reille hauteur; ce qui fait voir que la boulette fait son impression par toutes ses parties, & l'eau d'un pouce de hauteur seulement par les plus proches de sa première surface qui choque la balance, & qui sont un peu aidées par les plus éloignées qui coulent à côté: car quoique l'eau n'agisse pas en choquant par toutes ses parties, & qu'il soit difficile de déterminer jusques à quelle hauteur de l'eau on les doit prendre; il est pourtant très-vrai-semblable, que les premières qui tombent, agissent le plus, & celles qui sont un peu plus haut jusques à deux ou 3 lignes, un peu moins, & même jusques à 5 ou 6 lignes, comme il arriveroit à 5 ou 6 petits grains de sable contigus, AEFDB tombant sur la régle GH d'une certaine hauteur, n'étant pas tous en la même ligne perpendiculaire: les deux D & B ne laisseroient pas de contribuer un peu au choc du premier, quoiqu'ils ne le fissent pas de tout leur poids & de toute leur vitesse, n'étant pas dans la même ligne de direction; les plus hauts AEF y contribuent aussi un peu, & feroient que la régle seroit choquée plus fortement que s'il n'y avoit que les seuls B & D. TAB. XVI. Fig. 48.

Or, l'eau étant composée d'une infinité de petits corpuscules contigus beaucoup plus petits que de très-petits grains de sable, qui roulent & qui glissent facilement les uns contre les autres; un petit cylindre d'eau comme GH choquera un peu plus fort qu'un moindre LH, puisqu'il y aura plus de petits corpuscules posés directement les uns sur les autres en la hauteur GH, qu'en la moindre LH. (Voïez vis-à-vis de la *Fig*. 48.)

II. RÉGLE.

L'Eau qui jaillit au-dessous d'un réservoir par quelque ouverture ronde, fait équilibre par son choc avec un poids égal au poids du cylindre d'eau qui a pour base cette ouverture, & pour hauteur celle qui est depuis le centre de l'ouverture jusques à la hauteur de la surface supérieure de l'eau.

On démontre cette proposition, & en même tems la force du choc de l'air en cette sorte: ABCD est un cylindre creux, dont les deux bases AD & BC sont de bois, & le reste de cuir, soûtenu & étendu par plusieurs cerceaux de bois ou de fil de fer FE, HI, LM, en sorte qu'on puisse faire abaisser la base AD fort près de la base BC qu'on suppose inébranlable. N est une ouverture faite dans la base BC, par où l'air enfermé dans le cylindre peut sortir. Ce cylindre est chargé d'un poids P posé sur la surface AD, & l'on ajuste au-dessous de ce cylindre une balance comme celle de la figure 50e marquée 1, en sorte que la régle QR étant située horisontalement, le point R qui est proche de son extrémité, soit fort près de l'ouverture N, & directement au-dessous de son centre. Cela étant, je dis que si l'on met un poids Q sur l'autre extrémité de la balance, dont l'essieu CD est supposé tourner facilement sur les points C & D, & que l'air que le poids P en des- TAB. XVI. Fig. 49.

cendant fait ſortir avec violence par l'ouverture N, choquant l'extrémité de la balance vers R, faſſe équilibre avec le poids Q ſuppoſé également diſtant de l'eſſieu CD; ce poids ſera au poids P en même raiſon que la ſurface de l'ouverture N eſt à la ſurface entière de la baſe BC: car ſi par le moïen d'un ſoufflet dont le tuyau ait ſon ouverture égale à l'ouverture N, on pouſſe de l'air contre cette ouverture avec une force égale à celle de l'air que le poids P fait ſortir; il ſe fera équilibre entre ces deux forces, & le poids P ne deſcendra point, parce qu'il ne ſortira point d'air par l'ouverture; & alors l'air pouſſé par le ſoufflet rempliſſant cette ouverture ſoûtiendra ſa part du poids P, comme les autres parties de la baſe BC ſoûtiennent le reſte de ce poids; & la partie que l'air pouſſé ſoûtiendra, ſera au poids entier P dans la proportion de l'ouverture N à la largeur entière de la baſe BC. Donc réciproquement l'air ſortant par cette ouverture après qu'on aura ôté le ſoufflet, ſera équilibre par ſon choc avec un poids qui ſera au poids P comme l'ouverture N eſt à la baſe BC. Que ſi l'on ferme l'ouverture N, & qu'on en ouvre une autre de même largeur tout auprès de la baſe AD, comme au point K; l'air en ſortira avec la même viteſſe que par l'ouverture N, ſi la baſe AD eſt chargée du même poids P, & fera équilibre avec un même poids par ſon choc.

Que ſi le cylindre eſt chargé ſucceſſivement de divers poids pour faire deſcendre plus ou moins vîte la ſurface AD, l'air qui ſortira par l'ouverture N, fera équilibre par ſon choc avec des poids qui ſeront l'un à l'autre en même raiſon que les poids qui chargent ſucceſſivement la baſe AD. La raiſon eſt, que la proportion du grand poids P au petit qui fait équilibre, eſt toûjours la même que celle de la baſe BC à l'ouverture N; d'où il s'enſuit, que les petits poids ſeront l'un à l'autre en même proportion que les grands poids qu'on mettra de ſuite ſur la ſurface AD. Que ſi l'on emplit d'eau le même cylindre, le jet qui ſe fera par l'ouverture K par l'effort du poids P, fera le même effet que l'air; c'eſt-à-dire, qu'il fera équilibre par ſon choc avec un poids qui ſera au poids P comme l'ouverture K à toute la baſe BC; parce qu'alors le poids de l'eau enfermée ne contribuera rien de ſenſible à la force du jet, puiſqu'elle eſt preſque toute au-deſſous: & que ſi un jet d'eau de même largeur & de même viteſſe choquoit directement en K celui qui ſort par cette ouverture, il l'arrêteroit & feroit équilibre avec lui, & ſoûtiendroit une partie du poids P ſelon la proportion de l'ouverture K à la ſurface BC. D'où il s'enſuit un paradoxe aſſez ſurprenant, ſçavoir, que l'air & l'eau qui ſortent ſucceſſivement par la même ouverture K, quelque poids qu'on mette ſur la baſe AD, élévent les mêmes poids par leur choc, quoique l'eau ſoit d'une matière beaucoup plus denſe & plus peſante que celle de l'air: mais il arrive auſſi en recompenſe que l'air ſort beaucoup plus vîte que l'eau; car on a trouvé par pluſieurs expériences, que quand le cylindre eſt plein d'air, il ſe vui-

de en un tems environ 24 fois moindre que quand il eſt plein d'eau.

Par exemple, ſi l'air ſe vuide en 2 ſecondes, l'eau ne ſe vuidera qu'en 48 ſecondes; d'où l'on peut conclure, qu'afin qu'un jet d'air faſſe le même effet par ſon choc qu'un jet d'eau de pareille largeur, il faut que ſa viteſſe ſoit environ 24 fois plus grande que celle de l'eau.

Or le même effet doit arriver, ſi A B C D eſt un vaiſſeau cylindrique plein d'eau, & découvert par le haut: car l'eau qui doit jaillir par l'ouverture N, étant arrêtée par un autre jet qui la rencontre directement au point N, ce jet ſoûtiendra une partie de l'eau de tout le cylindre, ſçavoir le cylindre qui a pour baſe l'ouverture N, & le reſte de la baſe ſoûtiendra le reſte de l'eau. Donc ce jet étant ôté, le jet qui ſortira par l'ouverture N, fera équilibre par ſon choc à un poids qui ſera égal au poids de ce petit cylindre qui a pour baſe l'ouverture N & la hauteur égale à A B, ſi le cylindre A B C D eſt tout rempli.

III. RÉGLE.

Les jets d'eau égaux en largeur, qui ſortent par de petites ouvertures faites au bas de pluſieurs tuyaux pleins d'eau de différentes hauteurs, font équilibre avec des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon des hauteurs des tuyaux.

EXPLICATION.

Soit un grand tuyau A B & un plus petit C D, percés aux points E & F d'ouvertures égales. Il a été montré ci-devant, que l'eau jailliſſant par l'ouverture E fera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau E G, & que le jet qui ſort par F, fera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau F H: or ces petits cylindres aiant des baſes égales par l'hypothèſe, auront leurs poids en raiſon de leurs hauteurs; d'où il s'enſuit que les poids avec leſquels ces jets feront équilibre, ſeront entr'eux comme les hauteurs A B, C D. Par conſéquent il eſt évident que la première viteſſe d'un jet en ſortant doit être telle que la première goute d'eau qui ſort, ſoit diſpoſée à s'élever auſſi haut que la ſurface ſupérieure de l'eau. Car, ſuppoſé que l'eau fût dans le large cylindre A B C D en A D, & qu'il y eût un cylindre de glace de la largeur de l'ouverture F, qui n'allât que depuis F juſques en G, & qui fût ſuſpendu depuis ce point directement ſur l'ouverture F à une demi ligne ou environ de diſtance, & qu'on laiſſât aller l'eau tout-à-coup; elle feroit monter plus haut par ſon choc le cylindre F G, puiſqu'elle peut faire équilibre avec un cylindre de même largeur & de la hauteur F E. Donc ſi l'eau ne jailliſſoit que juſques en G depuis le point F, elle ne pourroit demeurer à cette élévation, puiſque la force de l'eau ſuivante la pouſſeroit plus haut, ſi elle étoit ferme comme un

TAB. XV. Fig. 46.

TAB. XVI. Fig. 50 marquée 2.

cylindre de glace; d'où l'on peut juger que la premiére goute s'éléveroit jusques à AE sans la résistance de l'air & quelques autres empêchemens: joint à cela que l'eau qui sort par F, se portant en haut pour faire l'équilibre avec l'eau AD, la premiére goute qui s'éléve, doit avoir la force de monter jusques à la hauteur de l'eau supérieure du réservoir, si on fait abstraction de la résistance de l'air; comme on l'a expliqué dans le premier Discours, où l'on a fait voir qu'en s'élevant à l'équilibre, elle jaillit même plus haut que l'eau supérieure par la vitesse acquise par le grand mouvement que le jet prend pour s'élever à la hauteur de l'eau supérieure.

Aiant rempli d'eau le réservoir ABCD de 16 pouces de hauteur au-dessus de l'ouverture du jet en F, jusques à ce qu'elle passât par-dessus les bords environ d'une ligne; (car, comme il a été dit, elle ne coule point par-dessus les bords qu'elle ne soit environ à une ligne & demi ou deux lignes au-dessus, particuliérement si les bords du réservoir sont frottés de graisse;) on a mis par-dessus une régle OL en situation horisontale, qui étoit par conséquent environ une ligne plus basse que la surface supérieure de l'eau; & l'on a remarqué que laissant jaillir l'eau un peu obliquement par l'ouverture F, & entretenant le tuyau ABCD toûjours plein à une ligne au-dessus du bas de la régle, le haut du jet alloit jusqu'à la régle; ce qu'on connoissoit par un peu d'eau qui s'y attachoit, qui auroit eu encore assez de force pour s'élever un peu plus haut comme d'un quart de ligne. Mais lorsque l'eau n'étoit qu'à fleur du réservoir & ne passoit point les bords, il ne s'attachoit point d'eau à la régle, parce que l'air résistoit un peu à la force du jet.

Que si le tuyau étoit de deux pieds de hauteur, il s'en faloit un peu moins de deux lignes que le jet n'allât jusques à la régle. Mais lorsque le réservoir étoit de moindre hauteur, comme de 7 ou 8 pouces, & que les ouvertures étoient de 3 ou 4 lignes de diamétre; les jets s'élevoient toûjours sensiblement aussi haut que la surface de l'eau, parce que le peu d'air qu'ils avoient à passer, ne pouvoit diminuer sensiblement leur force.

Or par la doctrine de *Galilée*, une goute d'eau que s'est élevée à une hauteur de 2 ou 3 pieds, lorsqu'en retombant elle est parvenue au même point d'où elle avoit commencé à s'élever, elle doit reprendre à ce point la même vitesse qui l'avoit fait élever. D'où il s'ensuit qu'on peut prendre pour une régle ou loi de la nature, que l'eau qui jaillit au bas d'un réservoir par une petite ouverture, a la même vitesse qu'une grosse goute d'eau auroit acquise en tombant depuis la hauteur de la surface de l'eau du réservoir jusques à l'ouverture de l'ajustoir, faisant abstraction de la résistance de l'air.

CON-

CONSÉQUENCE.

IL s'ensuit que les vitesses de l'eau qui sort au-dessous des réservoirs qui sont de hauteurs inégales, sont l'une à l'autre en raison sous-doublée de ces hauteurs: car puisque la vitesse de chaque jet les doit faire élever à la hauteur de leur réservoir, & que par ce que *Galilée* a démontré, les corps qui se meuvent avec des vitesses différentes, s'élévent à des hauteurs qui sont l'une à l'autre en raison doublée de ces vitesses; il s'ensuit que les vitesses sont l'une à l'autre en raison sous-doublée des hauteurs.

IV. RÉGLE.

LEs jets d'eau d'égale largeur qui ont des vitesses inégales, soûtiennent par leur choc des poids qui sont l'un à l'autre en raison doublée de ces vitesses.

EXPLICATION.

D'Autant que l'eau peut être considérée comme composée d'une infinité de petites parcelles imperceptibles, il doit arriver que lorsqu'elles vont deux fois plus vîte, il y en a deux fois autant qui choquent en même tems; & par cette raison le jet qui va deux fois plus vîte qu'un autre, fait deux fois autant d'effort par la seule quantité des petits corps qui choquent: & parce qu'il va deux fois plus vîte, il fait encore deux fois autant d'effort par son mouvement; & par conséquent les deux efforts ensemble doivent faire un effet quadruple, & de même à l'égard des autres proportions. On prouve encore cette régle en cette manière: AB est un cylindre quatre fois plus haut que le cylindre CD; l'ouverture E est égale à l'ouverture F; les deux cylindres sont pleins d'eau. Or d'autant que le jet sortant par E doit soûtenir un poids égal au poids du petit cylindre d'eau GE, & que le jet par F doit soûtenir un poids égal au poids du petit cylindre HF, & que le petit cylindre GE est quadruple du petit cylindre HF; il s'ensuit que les poids élevés seront comme 4 à 1. Mais par la conséquence de la régle précédente, la vitesse du jet par F, est à celle du jet par E en raison sous-doublée de la hauteur FH à la hauteur EG, & par conséquent elle sera comme 1 à 2. Donc une vitesse double d'un jet de même largeur soûtiendra un poids quadruple, & ainsi à l'égard des autres proportions. De-là il s'ensuit, qu'un jet d'air qui va 24 fois plus vîte qu'un autre, soûtiendra un poids 576 fois plus grand, puisque 576 est le quarré de 24; & parce qu'un jet d'eau qui va 24 fois moins vîte, soûtient le même poids, on peut juger que l'air est 576 fois plus raréfié que l'eau, puisqu'allant avec même vitesse, le jet d'eau soû-

TAB. XV. Fig. 46.

soûtient un poids 576 fois plus grand.

On peut connoître par expérience la force du choc de l'air avec la machine de la figure 51, 52, aussi-bien qu'avec celle de la 2e. régle.

TAB. XVI. Fig. 51, 52.

ABCD est un vaisseau cylindrique de fer blanc, bien soudé, ouvert en CD, & renversé dans un autre cylindre EFGH, au fond duquel il y a un petit tuyau bien soudé LI, qui entre dans le cylindre renversé, & passe un peu au-dessus de l'eau NK qui est dans le cylindre EH. On charge successivement de plusieurs poids différens la base supérieure AB pour faire descendre ce cylindre, & en même tems faire sortir l'air avec violence par le tuyau IL, au bas duquel on ajuste une balance comme celle de la figure 50, chargée à un des bouts de différens poids pour éprouver la force du choc de cet air. Les expériences se trouveront conformes à la démonstration ci-dessus, sçavoir que si l'on souffle de l'air avec un soufflet dans le tuyau LI, de telle force qu'il empêche le poids M & le cylindre AD de descendre, alors cet air poussé fait le même effet que si on mettoit le pouce au point L pour empêcher l'air de sortir. Et comme en cet état le pouce porteroit sa part du poids M joint à celui du cylindre AD; & le reste seroit soûtenu par le reste de la base GH; & que cette partie seroit à tout le poids soûtenu en raison de la base GH à la hauteur de CD, à l'ouverture L, en sorte que si tout le poids étoit de cent livres, & que la base GH fût 100 fois plus grande que l'ouverture L, l'air soufflé dans le tuyau soûtiendroit la 100e. partie de tout les poids. Donc réciproquement si on ôtoit le soufflet, l'air qui sortira avec la même vitesse que le vent du soufflet qui l'empêchoit de sortir, fera équilibre avec un poids égal à cette 100e. partie.

Il suit de ces raisonnemens, que si deux cylindres pleins d'air de même hauteur aiant leurs bases inégales, sont chargés par des poids étant disposés comme le cylindre ABCD, & aiant les ouvertures égales par où l'air doit sortir; les poids que l'air sortant élévera, seront l'un à l'autre en raison réciproque de leurs bases.

TAB. XVI. Fig. 51, 52.

Car soient ces deux cylindres ABCD, *abcd*, mis chacun dans un autre cylindre plein d'eau, comme il vient d'être expliqué; & soient égaux les deux poids M & *m* posés sur les cylindres inégaux; & les poids élevés soient P & *p*, sçavoir P par M, & *p* par *m*. D'autant que la base GH est à l'ouverture L comme le poids M au poids P élevé par l'air qui sort par L, & que l'ouverture *l* égale à L est à la base *hg* comme le poids *p* élevé par l'air qui sort par *l* au poids M ou *m*; en raison égale la proportion étant troublée, la base GH sera à la base *hg* comme le poids *p* au poids P. Que si les poids qui chargent les cylindres, sont proportionnés à leurs bases, ils éléveront des poids égaux par le choc de l'air qu'ils feront sortir par des ouvertures égales: comme si la base GH est 24 & la base *gh* 12, & que le poids M soit 12 livres & le poids *m* 6 livres; l'ouverture L étant 4, de même que *l*, les poids

P &

P & *p* seront chacun de 2 livres, dont la preuve est facile.

CONSÉQUENCE

De la première démonstration.

IL s'ensuit que le tems de l'écoulement de l'air du grand cylindre sera au tems de l'écoulement de l'air du petit cylindre, lorsqu'ils seront chargés de poids égaux, en la raison composée de celle de la base GH à celle de la base *g h*, & de la sous-doublée de la même base GH à la même base *g h*; car si les vitesses étoient égales, ces tems seroient entr'eux comme les bases. Mais les poids élevés étant en raison réciproque des bases, & les vitesses étant par la troisième régle en raison sous-doublée des poids élevés, les vitesses seront réciproquement en raison sous-doublée des bases, c'est-à-dire, que la vitesse par *l* sera à la vitesse par L en raison sous-doublée de la base GH à la base *gh*: & par conséquent le tems de l'écoulement de l'air du grand cylindre sera au tems de l'écoulement de l'air du petit cylindre en la raison composée de celle de la base GH à la base *gh*, & de la sous-doublée des mêmes bases l'une à l'autre; ce qui s'est trouvé conforme à l'expérience. Car un cylindre de 8 pouces 7 lignes de diamétre de base, & un autre de 5 pouces 6 lignes étant chargés chacun de 44 onces, le grand s'est vuidé en 47 demi secondes, & le petit en 12. Or les bases GH & *gh* sont entr'elles comme les quarrez de leurs diamétres GH & *gh*; & 74 pouces, qui est à peu près le quarré de GH de 8 pouces 7 lignes, est à 30, qui est à peu près le quarré de *gh* de 5 pouces 6 lignes, comme 47 à 19 à peu près; & comme 74 à 47 moïenne proportionnelle entre 74 & 30, ainsi 19 à 12: d'où l'on voit que 47 est à 12 en la raison composée de celle de la base GH à celle de la base *gh*, & de la raison sous-doublée de la même base GH à la même base *g h*.

V. RÉGLE.

LEs jets d'eau de même vitesse & de différentes ouvertures soûtiennent des poids par leur choc qui sont l'un à l'autre en raison doublée des diamétres des ouvertures.

Soient deux surfaces AB, CD, percées de deux ouvertures E & F; & que les deux jets d'eau EN, FM, passent par ces ouvertures. Il est évident que la surface de l'ouverture E est à la surface de l'ouverture F en raison doublée du diamétre GH au diamétre KL: & les vitesses étant supposées égales, si le diamétre GH est double du diamétre KL, il y aura 4 fois autant de petits corpuscules d'eau pour choquer, dans la base GH que dans la base KL; ils feront donc un effet quadruple; & si les surfaces des jets sont réciproques aux hauteurs TAB. XVI. Fig. 53.

teurs des réservoirs, ils feront équilibre avec des points égaux.

Pour sçavoir la force des eaux coulantes lorsqu'elles choquent des aîles de moulin ou de quelque autre machine, il faut sçavoir leur vitesse & la comparer à celle des eaux qui jaillissent au bas d'un réservoir. Il est encore nécessaire de sçavoir la pesanteur spécifique de l'eau à l'égard des autres corps. Voici les observations que j'en ai faites:

On a fait faire un vaisseau de cuivre quarré en tous sens, d'un demi pied de hauteur & de largeur dans œuvre, lequel par conséquent contenoit la 8e. partie d'un pied cube; on le mit dans le bassin d'une balance, & de l'autre côté son poids au juste; on l'emplit d'eau ensuite avec un très-grand soin, par une petit ouverture faite vers un angle de la platine de dessus: on a trouvé par plusieurs expériences que cette eau pesoit 8 livres $\frac{3}{4}$, & par conséquent que le pied cube d'eau devoit peser 70 livres. Le muid de *Paris* contient 8 pieds cubes: en chaque pied cube 36 pintes, quand elles sont mesurées au juste & que l'eau ne passe pas les bords; mais quand elle passe les bords, le plus qu'il se peut sans verser, il ne contient que 35 pintes: chacune de ces dernières pintes pése 2 livres, & les autres 2 livres moins 7 gros. Le muid de *Paris* contient 288 pintes de ces dernières, & 280 des autres: de-là on connoît qu'un cylindre d'eau dont la base a un pied de diamétre & un pied de hauteur, ne pése que 55 livres, parce que la proportion du cercle au quarré qui lui est circonscrit, est à peu près comme 11 à 14. Or comme 14 à 11, ainsi 70 livres font à 55 livres: de-là on sçait qu'un cylindre d'un pied de hauteur & d'un pouce de base pése 6 onces un gros à fort peu près; car la 144e. partie de 55 livres est 6 onces & $\frac{1}{9}$, & un gros est $\frac{1}{8}$; sur quoi on a fait les expériences suivantes:

Aiant attaché un petit bateau à un autre fort grand, qui étoit immobile dans le milieu du cours de la rivière où elle étoit fort rapide, on mesuroit le long du petit bateau une distance de 15 pieds selon sa longueur: on jettoit ensuite un petit morceau de bois, ou quelque brin d'herbe à deux ou trois pieds du petit bateau, vis-à-vis l'endroit où étoit la première marque des 15 pieds; & l'on comptoit par les battemens d'un pendule à demi secondes, en combien de tems il passoit jusques à l'autre marque: si c'étoit en dix demi secondes, on concluoit qu'en cet endroit l'eau de la rivière alloit d'une vitesse à faire 3 pieds en une seconde. Ensuite on se servit d'un tourniquet où il y avoit deux régles qui traversoient l'essieu, en sorte que les plans où elles étoient, se coupoient à angles droits. On avoit élevé vers l'extrémité de l'une de ces régles un petit ais quarré, de six pouces de largeur, fort délié, qu'on faisoit tremper perpendiculairement dans l'eau courante jusques à ce qu'elle passât 2 ou 3 pouces au-dessus; & en même tems on mettoit à l'extrémité de l'autre régle qui étoit en une situation horisontale, un poids à pareille distance de l'essieu que le milieu de l'ais, & on l'augmentoit ou diminuoit jusques à ce qu'il fit équilibre avec le choc de

l'eau

l'eau contre le petit ais ou palette. On fit pluſieurs de ces expériences à l'endroit où l'eau étoit la plus rapide, & en d'autres endroits où elle alloit moins vîte; & l'on trouvoit toûjours à fort peu près les mêmes proportions correſpondantes à la force de l'eau qui ſort du bas d'un tuyau de 12 pieds de hauteur. Voici la manière d'en faire le calcul:

Aiant trouvé que l'eau la plus rapide faiſoit 3 pieds $\frac{1}{4}$ en une ſeconde, & qu'elle ſoûtenoit alors par le choc de la palette 3 livres $\frac{3}{4}$, on diſoit: Le jet du bas d'un réſervoir qui a 12 pieds de hauteur, a une viteſſe, à ſa ſortie, pour faire 24 pieds en une ſeconde ſelon la doctrine de *Galilée*, & qui a été expliquée ci-devant; cette viteſſe eſt donc environ 7 fois & $\frac{1}{2}$ plus grande que celle de la rivière. Le quarré de $7\frac{1}{2}$ eſt $56\frac{1}{4}$; & par conſéquent, ſi ce jet eſt de même largeur que la palette, il doit ſoûtenir un poids environ 56 fois plus grand. Or 12 pieds cubes d'eau péſent 840 livres dont le quart eſt 210 livres, qu'on prend à cauſe que la palette n'eſt que d'un demi pied, & qu'une colomne d'eau dont la baſe a un demi pied quarré & 12 pieds de hauteur, péſe 210 livres; & ſi l'on diviſe 210 par 56, le quotient ſera environ 3 livres $\frac{3}{4}$, qui eſt le poids qui a été trouvé dans l'expérience.

J'ai trouvé de même la force de l'eau coulante dans pluſieurs autres endroits de la rivière, & même dans l'aqueduc d'*Arcueil*. Je fis une expérience au bord de la rivière, où l'eau courante faiſoit un pied & $\frac{1}{4}$ en une ſeconde, & elle faiſoit équilibre avec 9 onces de poids: pour la comparer à la viteſſe de 3 pieds $\frac{1}{4}$, il faut prendre le quarré de $1\frac{1}{4}$ qui eſt $\frac{25}{16}$, contenu environ 6 fois $\frac{3}{4}$ dans le quarré de $3\frac{1}{4}$ qui eſt $10\frac{9}{16}$; car le produit de $6\frac{3}{4}$ par $\frac{25}{16}$ eſt 9 & $\frac{99}{64}$, qui valent un peu plus de 60 onces, qui font 3 livres $\frac{3}{4}$.

Les rouës des moulins qui ſont ſur la *Seine à Paris* entre le pont-neuf & le pont-au-change, n'ont à leurs extrémitez que la moitié de la viteſſe de l'eau courante qui les choque; ce qui revient à la même choſe que lorſqu'un poids en mouvement en rencontre un autre immobile de même peſanteur, & qu'il s'y attache, car étant joints enſemble, ils n'ont incontinent après le choc que la moitié de la viteſſe de celui qui a choqué. Et ainſi on peut ſuppoſer que la réſiſtance du frottement de l'eſſieu de la rouë, de celui de la meule & du grain qu'elle briſe, joint au poids de la rouë & de ſes palettes, vaut autant à peu près que la réſiſtance d'un poids égal à celui de l'eau qui choque; & par conſéquent elles doivent retarder de moitié à peu près la viteſſe de l'eau qui les choque. On remarque la même proportion dans la rouë de la pompe de la Samaritaine.

Il faut ici conſidérer que l'eau d'une rivière ne va pas également vîte à ſa ſurface, & dans les autres parties; car l'eau proche du fond eſt beaucoup retardée par la rencontre des pierres, des herbes, & des autres inégalitez.

Voici les expériences que j'ai faites de ces viteſſes différentes:

J'ai mis dans une petite rivière coulante uniformément des boules de cire attachées à un fil d'un pied de longeur : l'une étoit chargée de petites pierres dans le milieu pour rendre sa pesanteur spécifique un peu plus grande que celle de l'eau, en sorte que quand les 2 boules étoient dans l'eau, la plus pesante faisoit bander le fil, & enfoncer la plus légére plus qu'elle n'auroit fait toute seule, & par ce moïen sa partie supérieure étoit presque à fleur-d'eau, afin que le vent n'eût point de prise sur elle. J'ai toûjours remarqué que la boule d'en-bas demeuroit en arrière, principalement aux endroits où il y avoit quelques herbes au fond de l'eau près desquelles la boule inférieure passoit ; car cette rivière n'avoit qu'environ 3 pieds de profondeur. Mais lorsqu'on mettoit ces mêmes boules en un endroit où l'eau rencontrant quelque obstacle s'élevoit un peu, & ensuite prenoit un cours plus rapide, comme on le remarque sous les ponts ; la boule inférieure devançoit la supérieure : ce qui faisoit voir que l'eau du milieu alloit alors plus vîte que celle de la surface ; & cela procéde de ce que l'eau s'élevant un peu plus haut par l'obstacle, elle acquiert une plus grande vitesse en coulant par une pente plus roide ; & ce mouvement violent fait qu'elle se plonge & passe au-dessous de celle de la surface : comme si A B C D est le cours de l'eau supérieure, & que par un obstacle vers B elle s'éléve jusques à la ligne ponctuée E F, elle coulera plus vîte par la pente roide E F C ; & par la vitesse qu'elle aura acquise en C, elle continuera sa direction au-dessous de C D, comme en G H ; & par conséquent elle ira plus vîte en G & H qu'en I & D. Et c'est de-là que procéde que dans les médiocres rivières il y a toûjours de grandes fosses un peu au-dessous des ponts ; on en voit l'expérience en tous les ponts de la chaussée de *Nogent* sur *Seine* : car l'eau qui s'est élevée par la rencontre des piles du pont, prend une plus grande vitesse, & passe avec violence au-dessous de la supérieure jusques au fond, où elle emporte le sable & l'entraîne un peu plus bas où il s'amasse. Mais lorsque l'eau est en son lit & en sa course ordinaire & médiocre, la supérieure doit aller plus vîte que celle qui est un pied au-dessous : car soit A B une ligne horisontale, & C B la pente du fond de la rivière, D E l'eau qui est à un demi pied de la supérieure F G, l'une & l'autre parrallele à C B. Or parce que l'eau est visqueuse, & que ces parties contigues sont un peu liées ensemble, l'eau D E emportera celle qui est immédiatament au-dessus avec sa même vitesse à fort peu près ; & ensuite celle qui est en F G, qui se mouvant aussi d'elle-même à cause de sa pente, va un peu plus vîte que l'eau D E : ce qu'on pourra mieux comprendre si l'on suppose que F L soit un ais nageant sur l'eau, & dont le dessus soit en une pente parallele à C B, aiant une balle fort ronde au-dessus ; car cet ais emporté par l'eau emporteroit la balle, qui rouleroit d'elle-même le long de l'ais jusques en G, & par conséquent sa vitesse seroit plus grande que celle de l'ais.

TAB. XVI. Fig. 54.

TAB. XVI. Fig. 55.

J'ai

J'ai encore remarqué souvent des herbes que l'eau emmenoit, & je voïois manifestement que celles qui étoient entre deux eaux près du fond, plus avancées que celles qui étoient près de la surface, étoient bien-tôt passées & laissées en arrière par les supérieures; & si je jettois dans le même courant une poignée de grosses scieures de bois qui alloient au fond plûtôt les unes que les autres, je voïois toûjours les supérieures précéder les autres par ordre à proportion qu'elles étoient plus ou moins éloignées du fond. Desquelles expériences il paroît, que dans les rivières qui coulent librement, l'eau supérieure va plus vîte que celle du milieu, & celle du milieu plus vîte que celle qui est proche du fond; & que dans celles qui sont contraintes de passer en un lieu étroit, étant retenues des deux côtez, celle du milieu va plus vîte que celle de la surface, s'il n'y a que trois ou quatre pieds de profondeur.

Voici comme on peut calculer la force des rouës des moulins de la *Seine*:

Je suppose qu'il a deux rouës à un seul essieu, qu'elles ont 5 pieds de demi diamétre, & que les ais, qu'on appelle des aubes qui servent de palettes, ont deux pieds de hauteur dans l'eau & 5 pieds de longueur. Je suppose aussi que la vitesse de l'eau qui choque les palettes, est de 4 pieds par seconde; ce qui est assez ordinaire: car elle s'éléve un peu par la rencontre du bateau qui porte le moulin, & par conséquent elle va, vis-à-vis du milieu du bateau, plus vîte que si elle n'avoit pas été arrêtée. Or comme il a été dit ci-devant, un réservoir de 12 pieds de hauteur faisant jaillir au-dessous de 12 pieds un jet quarré de demi pied de largeur, peut soûtenir 210 livres; sa vitesse qui est de 24 pieds par seconde est 6 fois plus grande que celle qui choque les rouës du moulin. Donc cette eau qui choque une palette de demi pied, ne doit soûtenir que la 36e. partie de 210 livres, par la première régle; donc elle soûtiendra 5 livres & $\frac{5}{6}$. Le pied quarré soûtiendra le quadruple, sçavoir 23 livres $\frac{1}{3}$. Et parce que les palettes d'une rouë ont 10 pieds superficiels, elles supporteront 233 livres $\frac{1}{3}$. L'autre rouë aura la même force. Donc les deux soûtiendront 466 livres $\frac{2}{3}$ mises en une régle horisontale à la même distance de l'axe, que le milieu des palettes à 4 pieds.

La force du choc du vent contre les aîles d'un moulin à vent se trouve en cette sorte:

Aïez un tourniquet cylindrique semblable à celui dont il est parlé dans les expériences précédentes. AB, dans la figure 56e, représente son axe. GH est une régle horisontale qui traverse l'axe du cylindre à angles droits. IL est une autre régle posée perpendiculairement sur GH. MNOP est encore une régle perpendiculaire posée obliquement sous un angle de 45 degrez, à l'égard de la régle GR. Or si l'on suppose un jet d'eau qui choque directement la régle IL vers le point Q, & qui fasse tourner le cylindre selon l'ordre des lettres *abcd*; il agira de toute sa force pour soûtenir le poids R. Mais si un autre jet

TAB. XVI. Fig. 56.

 d'eau

d'eau égal choque directement la régle M O au point S, que l'on ſuppoſe autant éloigné de l'axe que le point Q; il ne pourra ſoûtenir le poids R, parce que ſa direction ne ſera pas parallele à la direction de l'extrémité de la régle I L; & il ne pourra ſoûtenir qu'un poids qui ſera au poids R, comme le côté d'un quarré à ſa diagonale. Et ſi le même jet eſt parallele à l'axe A B, & qu'il choque au même point S; il faudra encore diminuer le poids R dans la même proportion pour faire l'équilibre, parce que ce jet choquera obliquement cette régle ſous un angle de 45 degrez, & alors le poids R n'aura plus que la moitié de ſon poids: car ſi A B C D eſt un quarré, la 1e. raiſon ſera comme de A C à A B, & la ſeconde comme de A B à A E moitié de A C, comme il a été expliqué plus au long dans le *Traité de la Percuſſion*, à la fin de la 13e. Propoſition de la 2e. Partie. Or le vent qui choque les aîles d'un moulin à vent, les choque obliquement; & s'il rencontroit chaque aîle ſous un angle de 45 degrez, il ne lui reſteroit de ſa force que ſelon la proportion de la diagonale d'un quarré à ſon côté par cette ſeule cauſe. Mais ſi cette aîle qui eſt oblique à l'axe, l'étoit ſelon le même angle, cette ſeconde cauſe diminueroit encore la force du vent ſelon la même proportion, comme il a été dit du jet d'eau; & la diminution totale par ces deux cauſes ſeroit de la moitié de la force du vent quand il choque directement cette régle, comme I L dans la figure 56e, diſpoſée à ſe mouvoir au commencement ſelon ſa direction, de manière que ſi ſa force totale étoit 80, elle ſeroit réduite à 40 par ces deux cauſes. Mais à cauſe que l'aîle dont l'obliquité eſt de 45 degrez, reçoit une moindre largeur de vent que quand elle eſt oppoſée directement; il reçoit encore une 3e. diminution ſelon la même raiſon de A C à A B, & la diminution totale ſera comme A C à E F, ou à peu près comme 80 à 28 $\frac{1}{4}$. Que ſi l'obliquité de l'aîle eſt N O, & que l'angle de A B & N O ſoit de 60 degrez; alors la 1e. cauſe ſeule diminuera de moitié la force du vent & la réduira de 80 à 40, & les deux autres enſemble la réduiront de 40 à 31 à peu près: d'où l'on jugera qu'il vaut mieux que les aîles des moulins à vent aient cette obliquité, que celle de 45.

TAB. XVI. Fig. 57.

TAB. XVI. Fig. 57. TAB. XVI Fig. 56.

Pour ſçavoir la force d'un vent qui choqueroit directement la voile d'un vaiſſeau, il faut ſçavoir la viteſſe du vent: on la trouve en lui laiſſant emporter une plume très-légére de duvet depuis un endroit ſtable, & comptant le tems qu'elle met à parcourir un certain eſpace comme de 30 ou 40 pieds. Or ſuppoſant que le vent faſſe 24 pieds en une ſeconde, comme il fait quand il eſt aſſez violent à l'ordinaire, mais pourtant bien moins que dans les grandes tempêtes & ouragans, il ira auſſi vîte qu'un jet d'eau qui ſort d'une ouverture à 12 pieds au-deſſous d'un réſervoir; & parce que le vent doit aller 24 fois plus vîte que l'eau pour faire le même effet, il ne fera pas plus que l'eau de pareille largeur qui ne fait qu'un pied en une ſeconde, ou que le jet qui en fait 24, ſi la lar-

geur

geur du vent est 24 fois plus grande en diamétre, ou 576 fois en surface. Or un jet d'eau de demi pied en quarré venant d'un réservoir de 12 pieds de hauteur, peut soûtenir, comme il a été dit ci-devant, un poids égal au poids d'une colomne quarrée d'eau qui a pour base un quarré d'un demi pied, & pour hauteur 12 pieds; & d'autant qu'un demi pied cube pése 8 livres $\frac{3}{4}$, si on double cette hauteur, ce sera 17 livres $\frac{1}{2}$ pour une colomne quarrée d'un pied de hauteur & d'un demi pied de largeur; & si elle est de 11 pieds de hauteur, ce sera 210 livres, qui seront soûtenues par un jet d'un demi pied en quarré. Afin donc que le vent qui va aussi vîte, soûtienne le méme poids de 210 livres, il faut que la voile qu'il choque, soit 24 fois plus large & plus longue qu'un demi pied, c'est-à-dire, qu'il faut qu'elle ait 12 pieds tant de largeur que de longueur, ou 6 pieds de largeur & 24 pieds de hauteur; & alors le vent qui fera 24 pieds en une seconde, soûtiendra 210 livres posées sur une régle horisontale attachée au même axe que la voile quarrée de 12 pieds, dans la même distance de l'axe, que le milieu de la longueur de la voile qui doit être en une situation perpendiculaire: mais si le vent ne fait que 12 pieds en une seconde, il ne supportera que 52 livres $\frac{1}{2}$, qui est le quart de 210 livres.

Si l'on en veut faire l'expérience en petit, il faut se servir du tourniquet de la figure 56[e], & prendre une voile d'un pied de largeur & de hauteur, qui aiant sa surface d'un pied ne supportera que la 144[e]. partie de 52 livres $\frac{1}{2}$, sçavoir 5 onces $\frac{5}{6}$, si ce poids est à la même distance de l'axe que le milieu de cette petite voile; mais il faudra choisir le vent qui pourra faire 12 pieds par seconde. TAB. XVI. Fig. 56.

Par cette maniére on calculera aisément les différentes forces des eaux & des vents par leur choc.

Pour comparer la force des moulins à vent à celle des moulins de la *Seine* dont j'ai parlé, je suppose que chacune des 4 aîles ait 30 pieds de hauteur & 6 pieds de largeur; ce sont 180 pieds. Si le vent ne fait que 12 pieds en une seconde, il soûtient 5 onces $\frac{5}{6}$ de livre en choquant une aîle d'un pied de surface. S'il en choque une de 180 pieds en surface, il soûtiendra 66 livres à peu près: mais il en faut ôter les $\frac{4}{7}$ à cause de la triple obliquité du choc, comme il a été prouvé: si l'obliquité est de 30 degrez, il restera donc 29 livres, & les 4 aîles soûtiendront 100 livres. Mais la distance de l'essieu au milieu de l'aîle est de 20 pieds, & celle du milieu des palettes jusques à leur axe n'est que de 4 pieds. Donc par cette cause les moulins à vent augmenteront leur force du quintuple, & si la roue dentée de chacun est de 2 pieds de diamétre, la force du moulin à vent sera de 10 fois 100, & celle des moulins à eau de 2 fois 466 livres, quand le vent fait 12 pieds par seconde, & le courant de l'eau 4 pieds. On fera de semblables calculs pour les moindres ou plus grandes vitesses d'eau & de vents, & pour les plus grandes ou moindres aîles.

Quel-

Quelques-uns ont entrepris de faire des moulins horisontaux qui tournassent à tous vents; j'en ai vû de trois sortes:

TAB. XVI. Fig. 58. Les premiers avoient leurs aîles concaves & convexes selon un angle de 45 degrez, comme on le voit en la figure 58e. AB est le haut du concave, & CD le haut du convexe. Le vent soufflant contre les deux n'agira pas de même; car il glissera de part & d'autre depuis l'arrête CD, le long des plans CL & CN, & n'agira que comme 8 à 5 $\frac{2}{3}$: au lieu que rencontrant le concave & ne pouvant glisser, il agira par toute sa force, comme s'il y avoit une toile tendue sur EQHF, & ainsi il agira de toute la force de son choc & comme de 8: & y aiant 6 aîles semblables, il y en auroit toûjours 3 qui recevroient un peu moins d'un tiers plus d'impulsion que les trois autres; ce qui feroit nécessairement tourner les rouës, mais avec peu de force, en sorte qu'elles ne pourroient tourner qu'à vuide; ou bien il les faudroit démesurément grandes, & elles ne pourroient se soûtenir, & seroient en danger d'être emportées par un vent impétueux. Pour les perfectionner il faudroit que l'angle EAQ fût de 30 degrez, & alors la proportion de la force du vent seroit dans le concave à l'égard du convexe, comme de 4 à 1, comme il a été expliqué dans les régles de la chûte des corps à la fin du *Traité de la Percussion.* On pourroit encore faire les faces CN, CL, & BE, BQ, mobiles, afin qu'elles se serrassent un peu en l'aîle CD, & qu'elles s'ouvrissent en l'autre; ce qui augmenteroit encore la proportion: il faudroit aussi mettre ces 6 aîles deux à deux l'une sur l'autre, afin qu'elles reçûssent mieux le vent; & alors ces moulins pourroient faire à peu près le même effet que ceux dont on a parlé.

La seconde maniére avoit la largeur de ses aîles en une situation verticale; mais la toile qui les revêtoit, étoit dans des chassis mobiles, qui d'un côté s'appuïoient entiérement contre les extrémitez des bois ou perches qui les environnoient quand le vent souffloit contre; & ainsi elles en recevoient tout l'effort: mais de l'autre côté elles cédoient au vent, tournant sur des pivôts & n'aiant point d'arrêt; & par ce moïen une partie du vent passoit entre les ouvertures qu'il faisoit; ce qui donnoit beaucoup moins de force que de l'autre côté; & la rouë tournoit nécessairement, mais elle tournoit foiblement, même à vuide: & lorsque des moulins à vent ordinaires tournoient par un vent médiocre, celui-ci ne tournoit point ou tournoit très-lentement, à cause qu'il ne restoit pas un quart de force de plus dans le côté où le vent choquoit entiérement, que de l'autre; ce qui procédoit de ce que les bois & les traverses en recevoient autant d'un côté que d'autre, & les chassis, du côté qu'ils s'ouvroient, ne laissoient pas de tomber un peu par leurs poids, & d'être rencontrés par le vent qui les soûtenoit, ne s'élevant jamais à la hauteur horisontale: mais ils s'ouvroient seulement à demi, un peu plus ou moins; c'est pourquoi ils étoient inutiles la plûpart du tems, & ne pouvoient moudre qu'à des vents violens. La

La troisième manière étoit de faire couvrir la moitié du nombre des aîles par une demi circonférence cylindrique de fer blanc ou d'autre matière légére, qui étoit dirigée droit au vent par une grande girouette fort éloignée du centre de la machine; & par ce moïen il y en avoit seulement trois d'un côté qui recevoient l'impression du vent sans être empêchées par les trois de l'autre côté: mais on ne pouvoit faire en grand cette machine, à cause de l'énorme grandeur qu'il eût falu donner à la demi circonférence cylindrique, & qui l'eût mise au hazard d'être emportée par un vent médiocrement violent.

J'ai vû aussi un modéle des moulins à vent horisontaux, qui sont, à ce qu'on dit, en usage dans la *Chine*. Ils sont faits comme une lanterne. Il y a plusieurs aîles, qui tournent sur des pivôts vers le centre & le point opposé vers le haut, & ils rencontrent des chevilles qui les arrêtent en de certaines situations pour recevoir le vent le plus directement qu'il se peut; & quand ces aîles ont fait un demi tour par la révolution de la machine, elles tournent & vont au vent comme les girouettes, & n'en reçoivent que très-peu d'impression pour ne pas nuire à celles qui sont de l'autre côté où le vent les rencontre directement ou à peu près; & enfin il n'y en a point de l'autre côté qui ne reçoive le vent très-obliquement, & par ce moïen le vent agit toûjours presque deux fois plus d'un côté que d'autre; ce qui fait faire un effet suffisant à toute la machine, dont l'essieu est planté dans le milieu de la meule qui est au-dessous; c'est pourquoi il n'est pas nécessaire d'y appliquer des rouës & des lanternes comme aux autres moulins, par le frottement desquelles la force est diminuée.

On peut, par la même méthode ci-dessus, calculer la vitesse du vent qui est nécessaire pour renverser des arbres ou des piliers qui seroient posés de bout sans rien soûtenir. En voici des exemples:

Soit un quadre de bois A B C D comme ceux d'un chassis de papier, d'un pied de largeur, dont le poids soit d'une livre un quart ou 20 onces avec son papier collé, exposé directement au vent, & posé perpendiculairement sur un plan horisontal, & aiant les quatre petits bâtons quarrez d'un pouce de largeur. Donc un vent de 12 pieds par seconde en le choquant soûtiendra 6 onces à peu près, comme il a été montré ci-dessus. Et parce qu'il n'a d'épaisseur que 12 lignes, la demi épaisseur où est son centre de gravité, ne sera que de 6 lignes; car on ne considére point le poids du papier. Et parce que la distance de son centre de pesanteur jusques à l'appui est 6 pouces, le vent agira en levier comme 6 pouces à 6 lignes, ou comme 12 à 1; & E F étant l'axe du mouvement, la proportion de la force du vent contre le poids du quadre de 20 onces sera comme 72 onces, produit de 6 onces par 12, à 20 onces. Il faut donc un moindre vent pour faire équilibre. Et si on le prend de 6 pieds par seconde, il n'aura que le quart de 72 onces, sçavoir 18 onces; & si 36 quarré de 6 donne 18, 40 donnera

TAB. XVI. Fig. 59.

20 onces; la racine quarrée de 40 eſt un peu plus de 6 $\frac{1}{3}$. Il faudra donc un vent qui faſſe 6 pieds $\frac{1}{3}$ en une ſeconde pour renverſer ce quadre de chaſſis. J'en ai fait l'expérience au haut de l'Obſervatoire & dans la Samaritaine.

On calculera de même la force qu'il faut pour rompre une branche d'arbre de demi pied d'épaiſſeur, aiant 15 pieds de tige & 30 pieds de branches rameaux & feuilles. Ce ſera 900 pieds ſuperficiels que le vent choquera. La réſiſtance abſolue du bas de la branche pour être rompue, la tirant de haut en bas, ſera de 207360: car la réſiſtance abſolue d'un bâton de 3 lignes a été trouvée de 350 livres. AB eſt la tige de la branche, D F E B le tour de ſes branches & feuilles, & C le centre. La diſtance A C eſt 30 pieds. La proportion de 30 pieds au tiers de l'épaiſſeur vers A, qui n'eſt que de 2 pouces, eſt de 180 à 1. Diviſant 207360 par 180, le quotient ſera de 1152. Il faudra donc la valeur de 1152 livres pour rompre la branche en A. Il y a 900 pieds de ſuperficie dans les feuilles & rameaux de l'arbre, & parce que 2 pieds ſuperficiels choqués par un vent de 12 pieds par ſeconde ſoûtiennent $\frac{3}{4}$ de livre, ils ſoûtiendront 450 fois $\frac{3}{4}$, c'eſt-à-dire, 337 livres à peu près, qui eſt un nombre beaucoup moindre que 1152. Soit donc comme 337 à 1152 ainſi 144 quarré de 12 eſt à 492 $\frac{84}{337}$, dont la racine quarrée eſt 22 $\frac{1}{4}$ à peu près. Il faudroit donc que le vent fit 22 pieds $\frac{1}{4}$ en une ſeconde pour rompre une telle branche d'arbre.

TAB. XVI Fig. 60.

Le choc du vent contre les voiles d'un vaiſſeau pour le faire pencher ou pour le renverſer, ſuit les mêmes régles & celles de l'équilibre: car, ſi l'on poſe ſur le vaiſſeau ABC, dont le centre de peſanteur eſt dans la ligne DB, un poids au point C, il ſe penchera, & le centre de gravité commun ſera en la ligne *b* D; ce qui ſera dans l'eau, fera équilibre à ſoi-même, & le poids C au reſte du vaiſſeau E A qui ſera de l'autre part au-deſſus de l'eau. Or la voile D étant choquée fait le même effet qu'un grand poids; & on peut comparer leurs efforts comme ci-devant, ſelon que le vent ſera grand & que la voile ſera élevée au-deſſus du vaiſſeau; & en ſe ſervant de la manière ci-devant expliquée, on pourra connoître quelle viteſſe de vent peut renverſer un vaiſſeau, ſi l'on ſçait le poids du vaiſſeau & de ce qui eſt dedans, ſa largeur, la grandeur de ſes voiles, l'obliquité ou la direction du choc en comparant ſa force à celle d'un poids comme C: mais il faut conſidérer que le vaiſſeau ne tourne pas par le vent, comme s'il y avoit un eſſieu au point B qui tournât ſur 2 pivôts immobiles, & qu'il ne ſe renverſe pas ſi aiſément, qu'il feroit: mais auſſi en roulant il peut prendre une continuation de mouvement, qui étant jointe à une grande & ſoudaine bouffée de vent, le peut porter beaucoup au-delà de l'équilibre & le renverſer.

TAB. XVII. Fig. 61.

Lorſqu'on n'a qu'une certaine quantité d'eau pour emploïer à quelque choc, on peut augmenter ſa force en la faiſant jaillir au-deſſous d'une plus grande hauteur.

AB eſt le deſſus d'une rivière retenue. CD eſt une ouverture d'un pied quarré par où l'eau doit ſortir. Soit E le milieu de l'ouverture, & la hauteur BE de 3 pieds. Il a été démontré que le choc de l'eau par CD ſoûtiendra le poids d'un ſolide d'eau aiant pour baſe le quarré de CD, & la hauteur EB de 3 pieds; ce poids ſera donc de trois fois 70 livres ou de 210 livres. Soit maintenant l'eau retenue en ſorte que ſa hauteur ſoit de 12 pieds juſques en F, qui eſt le milieu de l'ouverture quarrée GH; le jet par F ira deux fois plus vîte que par E. Si l'on fait donc, que comme la diagonale d'un quarré eſt à ſon côté, ainſi CD ſoit à GH, la ſurface de cette ouverture ſera la moitié de celle de CD; & il y paſſera autant d'eau en même tems, parce qu'elle ira deux fois plus vîte; & le poids qu'elle ſoûtiendra par ſon choc, ſera égal au poids du ſolide qui aura pour baſe le quarré de GH & pour hauteur FB. Mais ce dernier ſolide aiant ſa hauteur quadruple du premier, & ſa baſe ſeulement moindre de la moitié, il péſera deux fois autant; & le jet par GH ſoûtiendra un poids double de celui qui eſt ſoûtenu par le jet CD. D'où l'on voit que pour faire tourner un moulin qui manqueroit d'eau, & n'en auroit que la moitié de l'ordinaire, en lui donnant une profondeur quadruple, la même eau le feroit tourner, & feroit autant d'effet que s'il avoit deux fois autant d'eau.

TAB. XVII. Fig. 62.

TROISIÈME PARTIE.

DE LA MESURE DES EAUX COURANTES ET JAILLISSANTES.

PREMIER DISCOURS,

Des Pouces, & Lignes d'eau, dont on exprime la meſure des Eaux courantes & jailliſſantes.

LEs Fonteniers meſurent la quantité d'eau que donnent les fontaines, par les pouces & les lignes circulaires, que contiennent ſuperficiellement les ouvertures qu'elles rempliſſent en coulant très-lentement: mais ils n'ont pas bien déterminé quelle eſt la quantité d'eau que donnent ces pouces &

pouces & lignes circulaires en un certain tems, ni quelle doit être l'élévation de l'eau par-dessus ces ouvertures pour fournir cet écoulement; ce qui est pourtant nécessaire pour sçavoir ce que c'est qu'un pouce d'eau: car si l'eau se tenoit à 6 lignes par-dessus une ouverture circulaire d'un pouce, elle donneroit beaucoup plus d'eau par ce pouce, que si elle ne le surpassoit que d'une ligne; parce que, comme il a été montré ci-devant dans la deuxième Partie, une plus grande hauteur d'eau fait aller les jets plus vîte, & les écoulemens des eaux par une même ouverture se font selon la proportion des vitesses qu'elles ont en sortant; ce qui se prouve en cette sorte:

TAB. XVII. Fig. 63. AB est un bacquet plein d'eau. CEDB est un des côtez du bacquet, où il y a une ouverture I. GH est un cylindre de bois ou de glace, qui passe par ce trou avec une vitesse uniforme.

Or si l'on suppose qu'en une seconde il s'avance de l'espace GH, il est manifeste qu'en ce tems il passera entièrement & précisément l'ouverture I, s'il commence à y entrer par le bout H; & que s'il va deux fois plus lentement, il lui faudra emploïer deux secondes pour la passer entièrement; & par conséquent il n'en passera que la moitié en une seconde, & de même à l'égard des autres proportions.

On peut tirer la même conséquence à l'égard des jets d'eau; sçavoir, qu'il passera deux fois autant d'eau en même tems par l'ouverture I, quand elle va deux fois plus vîte; & que si en une minute elle donne 10 pintes en passant par cette ouverture avec une certaine vitesse, elle en donnera 30 dans le même tems si elle va trois fois plus vîte.

Cela étant supposé, il est évident que s'il y a deux ouvertures rondes égales en un réservoir, l'une à un pied au-dessous de la surface supérieure de l'eau, & l'autre à 4 pieds; il sortira par cette dernière deux fois autant d'eau en même tems, puisqu'il a été prouvé que l'eau sortira par cette dernière deux fois plus vîte que par l'autre.

De-là on voit que pour déterminer la quantité d'eau qui doit passer par l'ouverture d'un pouce, située perpendiculairement, il faut nécessairement déterminer à quelle hauteur doit être la surface de l'eau qui fournit l'écoulement au-dessus du pouce circulaire.

Voici quelques expériences qui ont été faites pour déterminer cette hauteur, & la quantité d'eau qui en sort en un certain tems.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

TAB. XVII. Fig. 64. ON s'est servi d'un bacquet de fer blanc MB, long de deux pieds & large de 10 pouces, percé en C d'une ouverture quarrée d'environ 16 lignes de largeur, où l'on avoit appliqué une petite platine de cuivre percée très-exactement d'une figure circulaire d'un pouce de diamétre. Ce bacquet étant situé de manière que cette ouverture d'un pouce étoit verticale, on l'emplissoit d'eau jusques par-dessus l'ouverture,

ture, la fermant avec la main; & on y laissoit couler de l'eau d'un muid FG qui en étoit fort proche, en telle quantité, que passant toute par l'ouverture circulaire C, la surface supérieure de l'eau du bacquet demeuroit toûjours environ à une ligne plus haut que l'ouverture.

Pour faire cette expérience bien juste, on avoit fait une ouverure à côté dans le bacquet, comme en L, un peu plus élevé que l'ouverture circulaire C, pour servir de décharge à l'eau surabondante, dont on diminuoit la hauteur comme on vouloit, par le moïen d'une petite platine de fer blanc qu'on y appliquoit avec une matière fort visqueuse faite de cire & de térebentine. On avoit aussi appliqué une autre petite lame de fer blanc M à deux pouces à côté de l'ouverture C, & à une ligne plus haut moins $\frac{1}{4}$: elle étoit parallele à l'eau du bacquet, en sorte que quand l'eau s'étendoit un peu par-dessus, comme d'un quart de ligne d'épaisseur, on étoit assûré que la surface supérieure étoit à fort peu près plus haute d'une ligne que le haut de l'ouverture C; & sans cette invention il seroit fort difficile de s'en assûrer, parce que l'eau fait ordinairement une petite élévation concave d'environ deux lignes de hauteur le long des corps qu'elle touche quand ils en sont humectés; ce qui empêche de pouvoir bien remarquer la hauteur de la surface de l'eau à l'égard de l'ouverture C. Il y avoit aussi dans le bacquet une traverse DE pour recevoir le choc de l'eau qui tomboit du muid dans le réservoir, afin qu'elle ne fît point de vagues; & cette traverse étoit distante d'environ 3 pouces du fond du bacquet, & étoit percée de plusieurs trous, afin que l'eau y passât librement. Cela étant bien disposé, on fermoit l'ouverture avec la main ou autrement, & on emplissoit le bacquet jusques à ce que l'eau passât 3 ou 4 lignes par-dessus la petite lame M, & ensuite on laissoit couler l'eau en même tems par l'ouverture & par le muid; & si l'eau du bacquet demeuroit à cette hauteur de 3 ou 4 lignes, ou qu'elle montât encore plus haut, on baissoit un peu le déchargeoir L, jusques à ce que l'on vît demeurer très-peu d'eau sur la petite lame M, comme d'un quart de ligne d'épaisseur, & qu'elle demeurât sensiblement en cet état un peu de tems. Alors on poussoit tout à coup un vaisseau N pour recevoir l'eau qui couloit par l'ouverture circulaire C, & après l'y avoir laissé 30 secondes précisément, on le tiroit tout à coup, & on mesuroit ensuite la quantité d'eau qui étoit dedans.

Pour marquer le tems de l'écoulement, on se servoit d'un pendule de fil très-délié, chargé à son extrémité d'une balle de plomb de 8 lignes de diamétre. La longueur du fil étoit de 3 pieds & 8 lignes jusques au centre de la balle depuis le point de suspension. Ce pendule emploïoit une seconde à chaque battement, & on s'en assûroit en le comparant à une pendule ou horloge très-juste qui marquoit les secondes. On a réïtéré plusieurs fois la même expérience, & on a trouvé qu'il passoit en 60 secondes par cette ouverture d'un pouce, lorsque la

 sur-

surface supérieure de l'eau du bacquet étoit 7 lignes plus haute que le centre de l'ouverture, environ 13 pintes $\frac{2}{3}$ mesure de *Paris*, chaque pinte pesant deux livres moins 7 gros.

Dans les païs proche de la Ligne le pendule doit être plus court, à cause que le mouvement de la surface de la terre en ces endroits est plus grand qu'en *France*. Mr. *Richer* & Mr. *Varin* en ont fait des observations; le premier à la *Cayenne*, où il l'a trouvé plus court de 1 ligne $\frac{1}{4}$: & l'autre en l'Isle de *Gorée* proche le *Cap-Verd*, où il le faloit seulement de trois pieds 6 lignes $\frac{1}{2}$. On démontre cet effet en cette sorte:

TAB. XVII. Fig. 65. ABC représente un méridien passant par les poles B, C; AEF est la Ligne équinoxiale; GHMN est le parallele de *Paris*. Si l'on suppose le mouvement de la terre d'Occident en Orient, une pierre qui seroit en A, s'écarteroit de la terre par une tangente; & parce que le point A iroit aussi vîte, si le mouvement vers le centre K ne surmontoit pas ce mouvement, elle s'éloigneroit de la terre selon la ligne AI: mais ce mouvement vers le centre étant plus fort, la pierre ne s'éléve pas; mais elle ne laisse pas de perdre une partie de sa tendance au mouvement vers K. La même chose arrivera à une pierre qui sera au point G, mais sa tendance au mouvement par la tangente sera beaucoup moins forte, parce que le point A se meut beaucoup plus vîte que le point G. Donc il retardera moins une pierre qui tombe de G vers K centre de la terre, & même la situation oblique du petit cercle GM à l'égard de la ligne GK, peut encore un peu diminuer de ce retardement vers le centre: car GL, ligne oblique à KG, étant égale à GO, le point L sera moins éloigné de K que le point O; par ces deux causes la pierre étant lâchée en I, descendra moins vîte vers A, que la pierre en L ne descendra vers G. Donc le mouvement du poids d'un pendule sera plus lent vers A que vers G, & par conséquent pour les faire isocrones, il faut que le fil du pendule soit plus court vers A que vers G.

Il est manifeste qu'on ne peut trouver précisément la même quantité d'eau dans toutes les expériences, & qu'on y trouvera toûjours quelque petite différence par plusieurs causes: sçavoir, qu'il est difficile de commencer à compter les secondes au même moment que l'eau commence à couler; qu'on ne peut retirer le vaisseau précisément quand la 30e. seconde finit; que l'ouverture par où l'eau coule, n'est pas parfaitement perpendiculaire, ou qu'elle n'est pas exactement d'un pouce; ou que le fil du pendule se peut un peu allonger ou accourcir pendant l'expérience; ou enfin que la hauteur de l'eau est un peu plus ou un peu moins haute qu'une ligne à l'endroit de la petite lame M; toutes lesquelles choses empêchent l'exactitude précise: mais entre le plus & le moins on a trouvé cette mesure de 13 pintes $\frac{2}{3}$. Si on veut sçavoir l'eau que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme de 6 lignes de diamétre ou de 4 lignes; il les faut placer en sorte que leurs cen-

centres ſoient à 7 lignes au-deſſous de la ſurface de l'eau du bacquet: car ſi le plus haut de chaque ouverture étoit placé à une ligne de diſtance de la ſurface, elles donneroient beaucoup moins d'eau que ſelon la proportion de leurs grandeurs; mais ſi on les diſpoſe en ſorte que le centre de leurs ouvertures ſoit à même diſtance de la ſuperficie de l'eau, elles donneront de l'eau à peu près ſelon la proportion. Voici les expériences qui en ont été faites.

II. EXPÉRIENCE.

ON a fait couler pluſieurs fois l'eau du même bacquet par une ouverture de 6 lignes, dont le centre étoit toûjours à 7 lignes de diſtance de la ſurface de l'eau pendant l'écoulement; & on a trouvé entre le plus & le moins 15 demi ſeptiers en une minute, quoique la ſurface de cette ouverture ne ſoit que le quart de celle d'un pouce circulaire, & que ſelon cette proportion il n'en dût ſortir pendant une minute que le quart de 13 pintes $\frac{1}{2}$ ſelon la 4e. régle de l'équilibre par le choc. Cette différence procéde de pluſieurs cauſes:

1°. Qu'encore que l'eau du bacquet ſoit à une ligne de hauteur par-deſſus l'ouverture d'un pouce, elle n'y reſte joignant cette ouverture que d'environ un tiers de ligne pendant ſon écoulement; ce que l'on connoît aiſément par une particulière réflexion de lumière qui ſe fait en cet endroit où l'eau ſe baiſſe plus que dans le reſte du bacquet: & ce baiſſement ſe fait à cauſe que l'eau qui ſuccéde à celle qui coule, doit venir des parties voiſines, comme il a été expliqué ci-devant, & qu'y en aiant trop peu par le haut proche le trou, il faut qu'elle s'abbaiſſe preſque toute pour paſſer; ce qui diminue de la force de la preſſion de l'eau, & retarde la viteſſe de l'écoulement.

2°. Que venant peu d'eau par en-haut, il faut en recompenſe qu'il en vienne de bien loin pour ſuccéder à celle qui coule; ce qui retarde encore ſa viteſſe. Mais la même choſe n'arrive pas au trou de 6 lignes, parce que ne devant donner que le quart autant d'eau que le pouce, & ſon ouverture étant ſurmontée de 4 lignes d'épaiſſeur d'eau, il ne s'y fait point d'enfoncement ſenſible; & par conſéquent l'eau eſt preſſée par ces 4 lignes entières, outre que l'eau qui doit ſuccéder à celle qui coule, ne vient pas de ſi loin que quand l'ouverture eſt d'un pouce; & afin que le deſſus de l'eau qui eſt directement au-deſſus de l'ouverture d'un pouce, fût 7 lignes plus haut que ſon centre, il faudroit que dans le reſte du bacquet elle fût à 8 lignes de hauteur à peu près.

Il y a encore une autre cauſe, qui eſt, que les viteſſes des écoulemens étant en raiſon ſous-doublée des hauteurs des eaux, ainſi qu'il a été dit; s'il y a un bacquet comme AB, percé au fond d'une ouverture horiſontale, comme *abcd*, & d'une autre verticale *efgh*, égales entr'elles; & que l'eau ſoit élevée dans le bacquet à la hauteur préci- TAB. XVII. Fig. 66.

 ſe

ſe *ef*; il ne doit ſortir par cette ouverture verticale que les $\frac{2}{3}$ d'autant d'eau qu'il en ſortira par celle qui eſt au fond du bacquet en même tems, ſi on entretient l'eau à la hauteur *ef*; ce qui ſe prouve en cette ſorte:

L'eau qui ſort par le bas de l'ouverture verticale *eh*, a ſa viteſſe à l'égard de celle qui ſort par L I en raiſon ſous-doublée de la hauteur *eg* à la hauteur *e* L, & de même à l'égard de toutes les diviſions horiſontales qu'on peut faire dans le quarré *efgh*, à inégales diſtances: d'où il ſuit, que ſi la viteſſe de l'eau de la 1e. diviſion vers le haut eſt 1 ou R. 1, celle de la 2e. ſera R. 2, celle de la 3e. R. 3, &c. ce qui eſt dans la même proportion que les ordonnées d'une parabole. Soit donc A C D une parabole, dont la baſe C D ſoit celle du rectangle C D P Q; & ſoit diviſé l'axe A B en pluſieurs parties égales par les lignes E F, G H I L, M N, &c. paralleles à B D: ces lignes ſeront les ordonnées. Or par la propriété de cette figure les quarrez des ordonnées ſont entr'eux comme les ſegmens de l'axe qui leur correſpondent, A E, A G, A I, A M, &c. & ces ſegmens ſont entr'eux comme les nombres de ſuite 1, 2, 3, 4, &c. Donc ces quarrez ſeront auſſi entr'eux comme 1, 2, 3, 4, &c. & par conſéquent les lignes O E F, R G H, S I L, T M N, ſeront entr'elles comme R. 1, R. 2, R. 3, R. 4, &c. Or ſi on prend toutes les ordonnées qu'on peut tirer paralleles à B D infinies en nombre pour la parabole, elles ſeront aux lignes infinies qui compoſent le rectangle C D A, comme la parabole eſt au rectangle. Mais le triangle C A D, qui eſt la moitié du rectangle P Q C D, eſt les $\frac{3}{4}$ de la parabole, comme il a été prouvé par *Archiméde*. Donc ſi le triangle eſt 3, le rectangle ſera 6, & la parabole 4; donc elle eſt les $\frac{2}{3}$ du rectangle.

TAB. XVII. Fig. 67.

Ceux qui ne ſçavent pas les propriétez de la parabole, pourront connoître par le calcul cette vérité à peu près, en prenant la ſuite de ces ordonnées en nombres, en tirant leurs racines quarrées, par le dixme, comme en la table ſuivante, où le premier rang vaut les nombres entiers, le ſecond les dixièmes, le troiſième les centièmes, &c.

Vaut.	*Nomb.*	*Dix.*	*Cent.*	*Mil.*
R. 1	1.			
R. 2	1.	4.	1.	4.
R. 3	1.	7.	3.	2.
R. 4	2.			
R. 5	2.	2.	3.	6.
R. 6	2.	4.	4.	9.
R. 7	2.	6.	4.	5.
R. 8	2.	8.	2.	8.
R. 9	3.			
R. 10	3.	1.	6.	2.

R. 11

Vaut	*Nomb.*	*Dix.*	*Cent.*	*Mil.*
R. 11	3.	3.	1.	6.
R. 12	3.	4.	6.	2.
R. 13	3.	6.	0.	5.
R. 14	3.	7.	4.	3.
R. 15	3.	8.	7.	2.
R. 16	4.			
R. 17	4.	1.	2.	3.
R. 18	4.	2.	4.	2.
R. 19	4.	3.	5.	8.
R. 20	4.	4.	7.	2.
R. 21	4.	5.	8.	2.
R. 22	4.	6.	9.	1.
R. 23	4.	7.	9.	2.
R. 24	4.	8.	9.	9.

Or ſi l'on ne prend la ſomme que des 12 premiers nombres, elle eſt un peu plus grande que 29 ; & 12 fois le douzième nombre, ſçavoir 3, $\frac{4}{10}$, $\frac{6}{100}$, $\frac{2}{1000}$, donne un produit un peu plus grand que 41 $\frac{1}{2}$; & par conſéquent cette ſomme, qui eſt la parabole, eſt plus grande que les $\frac{2}{3}$ de ce produit qui eſt le rectangle. Mais ſi on prend celle des 24 nombres, on trouvera un peu plus de 79 pour la parabole ; & le produit du dernier 4, $\frac{8}{10}$, $\frac{9}{100}$, $\frac{9}{1000}$, par 24, eſt un peu plus que 117, dont les $\frac{2}{3}$ ſont 78; & ainſi la ſomme de ces 24 nombres ne différe des $\frac{2}{3}$ de ce produit que de l'unité à peu près, & on en approche plus que quand on ne prend que les 12 premiers nombres; & ſi l'on continue à augmenter la table par un plus grand nombre de diviſions, la différence de cette ſomme & de ce produit diminuera toûjours, & l'on pourra juger qu'elle arriveroit enfin au $\frac{2}{3}$ préciſément.

On voit auſſi, que ſi on prend les 6 nombres du milieu des 12, ils ſurpaſſeront enſemble la ſomme des 3 premiers & des 3 derniers ; & que la ſomme des 6 premiers & des 6 derniers des 24, ſera moindre que la ſomme des 12 du milieu: ce qui doit arriver néceſſairement, & on en fait la démonſtration en cette ſorte:

Les extrêmes des quarrez des nombres qui ſont en progreſſion arithmétique, ſont plus grands que ceux des nombres du milieu : comme les quarrez de 2 & de 8, qui font 68, ſont plus grands que 52, ſomme des quarrez de 4 & de 6; & l'excès eſt 16, produit du quarré de la différence par le nombre de la progreſſion. Or, puiſque les quarrez des ordonnées de la parabole ſont en progreſſion arithmétique, & que les extrêmes enſemble ſont égaux à ceux du milieu; il s'enſuit que leurs racines ne ſont pas en progreſſion arithmétique, & que les premières & les dernières enſemble ſont moindres que celle du milieu: car ſi elles étoient égales, ces quarrez extrêmes ſeroient plus grands.

 Et

Et parce que les écoulemens des eaux suivent leurs vitesses, il s'ensuit que s'il y a 8 divisions au quarré ABCD, les 4 du milieu qui sont le rectangle EFGH, donneront plus d'eau que les 4 extrêmes, qui sont les deux rectangles AH, FD; & que LMNO, qui est la moitié de ce rectangle & le quart du grand quarré, donnera plus du quart de toute l'eau que donne le grand quarré.

TAB. XVII. Fig. 68.

Il arrive donc par cette cause & par celle de la difficulté de l'écoulement, qu'une ouverture quarrée de 6 lignes aiant l'eau 4 lignes au-dessus, donne plus que le quart de celle que donne un pouce quarré surmonté seulement d'une ligne d'eau proche l'ouverture. Il est vrai qu'il y a un peu moins de frottement à proportion contre les bords du grand trou, que du petit; ce qui donne un peu d'avantage au grand: mais les autres choses étant plus considérables, il doit toûjours sortir plus d'eau à proportion par les moindres trous jusques à 2 lignes de diamétre, que par les plus grands; ce que j'ai trouvé conforme aux expériences.

La même chose doit arriver à peu près, & par les mêmes causes, aux ouvertures circulaires; c'est-à-dire, que si l'on prend dans le grand cercle ABCD, le petit intérieur & concentrique EF, dont le diametre EF soit égal à la moitié de AC, & par conséquent la surface égale au quart de celle du grand cercle; il passera par cette ouverture un peu plus du quart de celle qui passera par l'ouverture entière ABCD: ce qu'on a trouvé conforme à toutes les expériences dans les petites élévations de l'eau au-dessus des ouvertures; le grand cercle aiant donné toûjours à peu près 13 pintes en une minute, & le petit 15 demi septiers, comme il a été dit.

TAB. XVII. Fig. 69.

Il arrive encore, que si la petite ouverture par où passe l'eau, est située horisontalement au fond du bacquet, en sorte que l'eau coule perpendiculairement de haut en bas, il en coulera plus en même tems que si dans un autre bacquet l'ouverture étoit verticale, & le jet horisontal, quoique la surface de l'eau fût autant élevée par-dessus le centre de cette dernière, que par-dessus l'autre; ce qui procéde de ce que l'eau sortant de haut en bas, elle accélére sa vitesse, & à cause de sa viscosité elle entraîne plus vîte les parties qui lui sont contigues, & même celles qui sont proches de l'ouverture au dedans du réservoir. Et il en sortira encore moins d'une pareille ouverture, si elle est disposée à faire jaillir l'eau perpendiculairement de bas en haut par l'ouverture C, parce que l'eau va plus vîte en D qu'en E, & ainsi celle du dessous est toûjours un peu retardée.

TAB. XVII. Fig. 70.

On a trouvé par plusieurs expériences, que s'il sortoit 15 pintes en un certain tems par un jet de 4 lignes d'ouverture qui couloit de haut en bas, il n'en sortoit que 14 à peu près lorsqu'on le faisoit jaillir perpendiculairement de bas en haut, quoique surmonté d'une pareille hauteur d'eau; & cela arrive particuliérement dans les médiocres hauteurs des

des réservoirs: car s'ils sont de 20 ou 30 pieds, la différence est bien moins sensible, à cause que l'eau sort si vîte de haut en bas en son commencement, qu'il ne se fait point d'accélération considérable dans l'eau du jet qui est au-dessous de l'ouverture; parce qu'une goute d'eau tombant n'acquiert guéres plus de vitesse que celle de l'eau qui sort par un trou quand la surface de l'eau du réservoir est à 30 pieds au-dessus, comme il a été expliqué à la fin du *Traité du choc des Corps.*

Par toutes ces raisons & ces expériences, on voit qu'il est difficile de déterminer ce que c'est qu'un pouce d'eau: & parce que les dépenses des jets d'eau se font ordinairement par de grandes hauteurs de réservoirs & par de médiocres ouvertures d'ajutages, on doit plûtôt se régler par les expériences des médiocres ouvertures, comme de 6 lignes ou de 4 lignes, que par celles d'un pouce entier. J'ai pris un milieu entre les expériences de ces ouvertures différentes, tant pour la facilité du calcul, que pour avoir une mesure certaine, & ôter toute difficulté.

J'appelle ici un pouce d'eau, l'eau qui coulant pendant l'espace d'une minute donne 14 pintes, mesure de *Paris*, de celles qui passent un peu les bords, & qui pésent deux livres chacune. L'ouverture d'un pouce donnera cette quantité si l'eau est une ligne au-dessus de l'ouverture; mais il faudra qu'elle soit deux lignes plus haut dans le reste du bacquet, afin qu'elle soit précisément une ligne plus haut au-dessus de l'ouverture. Pour les ouvertures de 6 lignes & au-dessous, il suffira que l'eau du bacquet soit 7 lignes au-dessus des centres.

Cette mesure ainsi determinée est très-commode pour le calcul, parce que dans l'espace d'une heure le pouce donnera 3 muids de *Paris*, & en 24 heures 72 muids. Ceux qui ignorent la mesure de *Paris* & qui connoissent la livre, pourront faire aisément ces calculs: au lieu que si l'on prenoit pour le pouce 13 pintes & $\frac{1}{2}$ de celles qui pésent 2 livres moins 7 gros, il ne donneroit que 66 muids plus $\frac{9}{72}$ en 24 heures, & ces fractions donneroient beaucoup de peine, quand on voudroit connoître les différentes dépenses d'eau par des différens ajutages mis au-dessous de différentes hauteurs de réservoirs. Pour confirmer cette régle, on a fait l'expérience suivante.

III. EXPÉRIENCE.

On a pris un vaisseau quarré en tout sens, contenant un pied cube jusques au 12e. pouce; mais la dernière division étoit de deux lignes au-dessous du haut du vaisseau. On y fit couler de l'eau par le moïen d'un bacquet, où il y avoit une ouverture d'un pouce circulaire, comme on l'a décrit ci-devant: la petite lame M (fig. 64.) étoit 2 lignes $\frac{1}{4}$ plus haut que le dessus de l'ouverture, en sorte que joignant le dessus de cette ouverture, la surface de l'eau demeuroit une ligne plus haut, quand elle étoit 2 lignes plus haut dans le reste du bacquet. Ce pied

cube fut rempli jusques au 12e. pouce inclus par l'eau coulante, dans l'espace de deux minutes & demi: d'où il s'ensuit, que l'ouverture circulaire ainsi disposée donna 14 pintes, ou 28 livres d'eau, en une minute, puisqu'elle donna 35 pintes en 2 minutes & demi.

On sçaura facilement par ce moïen les pouces d'eau que donne une médiocre fontaine, ou un ruisseau coulant: car il ne faut qu'en recevoir l'eau dans quelque vaisseau, ou dans quelque lieu qu'on puisse mesurer & qui tienne l'eau, en comptant quel nombre on voudra de minutes ou de secondes: par exemple, si l'on a reçû dans le vaisseau 7 pintes en 30 secondes, on dira que cette eau coulante est d'un pouce; si elle a donné 21 pintes, on dira qu'elle est de 3 pouces; & ainsi dans les autres proportions.

SECOND DISCOURS,

De la mesure des Eaux jaillissantes selon les différentes hauteurs des réservoirs.

IL a été prouvé que les quantitez d'eau qui sortent par des ouvertures égales faites au-dessous des réservoirs de différentes hauteurs, sont entr'elles en raison sous-doublée des hauteurs ; mais pour confirmer cette régle par les expériences, j'en ai fait plusieurs avec une grande exactitude, dont voici les principales.

I. EXPÉRIENCE.

Pour la dépense des eaux jaillissantes au-dessous de différentes hauteurs de réservoirs.

UNe ouverture de 6 lignes aiant son centre à 39 lignes au-dessous de la surface de l'eau du bacquet, a donné en une minute 8 pintes $\frac{6}{7}$ de celles qui ne pésent que 2 livres moins 7 gros; l'eau couloit horisontalement, comme en l'expérience ci-dessus, où la même ouverture avoit son centre 7 lignes au-dessous de la surface de l'eau du bacquet, & donnoit 15 demi septiers en une minute. Pour comparer ces deux expériences selon la régle, il faut prendre le nombre moïen proportionnel entre 7 & 39, qui est $16\frac{1}{2}$ à peu près; & aux trois nombres, 7, $16\frac{1}{2}$, & 15, trouver le 4e. proportionnel, qui est $35\frac{3}{7}$ à peu près: 35 demi septiers $\frac{3}{7}$, font 8 pintes $\frac{6}{7}$; & par conséquent ces dépenses d'eau ont été selon la raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs.

II. EX-

II. EXPÉRIENCE.

UN tuyau aiant sa hauteur de 16 pouces a donné par une ouverture de 3 lignes un peu foibles appliquée au fond par où l'eau couloit perpendiculairement, 2 pintes & demi & environ 2 cueillerées, en 30 secondes, entretenant toûjours l'eau à cette hauteur de 16 pouces. On a mis au fond d'un autre tuyau la même plaque où étoit cette ouverture de 3 lignes: ce deuxième tuyau avoit la hauteur de son eau à 64 pouces, qui est une hauteur quadruple de la première de 16 pouces; & par conséquent il devoit donner le double de deux pintes ½ & 2 cueillerées, en entretenant toûjours l'eau à cette hauteur de 64 pouces; ce qu'on a prouvé par expérience; car il est sorti de ce tuyau 5 pintes & environ 4 ou 5 cueillerées d'eau dans le même tems de 30 secondes. Cette expérience a été faite avec grand soin & reïtérée jusqu'à trois fois. On en a fait encore quelques autres pour les eaux qui jaillissent de bas en haut jusques à 5 ou 6 pieds de hauteur, & on a toûjours trouvé la même raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs. On pourra donc prendre pour véritable la régle suivante.

RÉGLE.

Pour la mesure des eaux jaillissantes.

LEs jets d'eau qui sortent par des ouvertures égales au-dessous de différentes élévations de réservoirs, dépensent de l'eau à l'égard l'un de l'autre, selon la raison sous-doublée des hauteurs des surfaces supérieures de l'eau des réservoirs. Pour pouvoir trouver aisément par le calcul toutes les quantitez d'eau que donnent les réservoirs, de quelques hauteurs qu'ils soient, j'ai choisi une hauteur médiocre à laquelle on peut rapporter aisément toutes les autres: cette hauteur est 13 pieds; & j'ai trouvé par plusieurs expériences très-exactes qu'une ouverture ronde de 3 lignes de diamétre étant à 13 pieds au-dessous de la surface supérieure de l'eau d'un large tuyau, donnoit un pouce, c'est-à-dire, qu'il en sortoit pendant le tems d'une minute 14 pintes, mesure de *Paris*, de celles qui pésent 2 livres, & dont les 35 font le pied cube.

Les expériences ont été faites en cette manière: Le tuyau étoit recourbé par en-bas, & avoit un réservoir C, qui tenoit environ 20 pintes: le trou de 3 lignes étoit au point G; son diamétre étoit tel que les deux pointes d'un compas dont l'ouverture étoit de 3 lignes justes, entroient dedans précisément sans s'appuïer sur les bords, & sans laisser d'intervalle vuide: D E G F est une ligne horisontale où étoit l'ouverture G: il y avoit 13 pieds depuis D jusques à C où étoit la surface de l'eau dans le réservoir: on avoit mesuré 24 pintes dans trois vaisseaux, TAB. XVII. Fig. 71.

 seaux,

ſeaux, & l'on s'accordoit à les verſer de manière que l'eau demeuroit toûjours à une marque B faite à côté du réſervoir à la hauteur C; & lorſqu'en verſant l'eau baiſſoit de quelque ligne, on en verſoit un peu plus vîte juſques à ce qu'elle paſſât la marque d'autant de lignes à peu près. On tenoit l'ouverture G fermée avec le pouce, & l'on mettoit en mouvement le pendule à ſecondes: celui qui tenoit l'ouverture fermée commençoit à l'ouvrir au commencement d'une ſeconde, & comptoit les ſecondes de ſuite en diſant 0, 1, 2, 3, &c: ceux qui verſoit l'eau prenoient garde, que lorſqu'on commençoit à compter, l'eau fût préciſément à la hauteur de la marque, & ils achevoient de verſer leurs 14 pintes entre 0, & la 60e. ſeconde. Je fis cette expérience d'une autre manière, pour éviter le doute de l'inégalité de l'eau qu'on verſoit: On mit 7 pintes dans le réſervoir depuis une marque comme H juſques à une autre comme L en égale diſtance du point B; on tenoit l'ouverture fermée juſques à ce qu'on commençât à compter les ſecondes, & on obſervoit que le haut de l'eau étoit au point L.

Il eſt aiſé de juger que pendant cet écoulement il ſortoit ſenſiblement autant d'eau que ſi elle fût toûjours demeurée à la hauteur médiocre B de 13 pieds, parce que ſi elle alloit plus vîte étant en L, elle alloit auſſi moins vîte étant en H dans la même proportion.

Les expériences que j'ai faites à de grandes hauteurs, comme 35 pieds, donnoient environ un 17e. ou un 18e. moins que ſelon la raiſon ſous-doublée de 13 pieds à ces hauteurs; & celles que j'ai faites à des hauteurs de 6 ou 7 pieds, donnoient un peu plus; ce qui procéde du frottement plus grand ou moindre contre les bords de l'ouverture de 3 lignes, & de la moindre ou plus grande réſiſtance de l'air: mais comme ces différences ſont peu conſidérables, on peut faire les calculs préciſément ſelon la régle de la raiſon ſous-doublée. Voici une table des quantitez d'eau que donnent les réſervoirs de différentes hauteurs juſques à 52 pieds par un ajutoir de 3 lignes de diamétre.

Table des dépenſes d'eau à différentes élévations de réſervoirs ſur trois lignes de diamétre d'ajutoir pendant une minute.

Hauteurs des réſervoirs.	Dépenſe d'eau.
6 pieds	9 pintes $\frac{1}{2}$.
9 pieds	11 pintes $\frac{2}{3}$
13 pieds	14 pintes
18 pieds	16 pintes $\frac{1}{2}$
25 pieds	19 pintes $\frac{1}{3}$
30 pieds	21 pintes $\frac{1}{3}$
40 pieds	24 pintes $\frac{1}{2}$
52 pieds	28 pintes

Voi-

Voici comme on en fait les calculs. Soit 2 pieds la hauteur du réservoir; le produit de 2 par 13 est 26, dont la racine est 5 $\frac{1}{10}$ à peu près; comme 13 à 5 $\frac{1}{10}$, ainsi 14 pintes à 5 $\frac{1}{2}$ à peu près: d'où l'on conclut qu'un réservoir de 2 pieds de hauteur par 3 lignes donnera 5 pintes & $\frac{1}{2}$ en une minute.

Si la hauteur étoit 45 pieds, on prendroit la racine quarrée de 585, produit de 13 par 45; cette racine est 24 $\frac{1}{10}$ à peu près; donc comme 13 à 24 $\frac{2}{10}$ ainsi 14 à 26 à peu près: d'où l'on connoîtroit qu'un réservoir de 45 pieds donneroit 26 pintes en une minute par une ouverture de 3 lignes.

Lorsqu'on applique un long tuyau étroit à un large réservoir, & que ce tuyau est perpendiculaire, il donne plus d'eau que si le tuyau n'y étoit pas, & qu'il y eût seulement au bas du réservoir une ouverture égale à l'ouverture du tuyau. Voici quelques expériences que j'en ai faites:

ABCD est un réservoir d'un pied de largeur & de hauteur. On met à l'ouverture E un tuyau de verre de 3 pieds, large de 3 lignes en-haut & de 3 lignes $\frac{1}{2}$ en-bas vers F. S'il n'y eût eu qu'un trou de 3 lignes en E sans tuyau, il eût donné en 60 secondes un peu moins de 4 pintes selon les régles ci-dessus; & s'il eût été large également par-tout comme AB, la hauteur GE étant de 4 pieds & l'ouverture E étant de 3 lignes, il eût donné environ 8 pintes $\frac{1}{2}$ par les mêmes régles: mais le tuyau y étant, il n'a donné environ que selon la moïenne proportionnelle entre 4 pintes & 8 pintes $\frac{1}{2}$. La cause de ce qu'il donne plus que par 3 lignes en F, procéde de l'accélération qui se fait de l'eau coulante par le tuyau qui augmenteroit selon les nombres impairs, s'il n'y avoit que le tuyau; mais elle est retenue par celle qui est dans le réservoir qui diminue cette accélération, parce qu'elle ne peut s'en séparer; mais aussi celle du tuyau fait suivre plus vîte celle qui est dans le réservoir, qu'elle ne feroit, si le tuyau n'y étoit pas ajuté, & par ce moïen il se fait une vitesse moïenne d'écoulement qui change selon la longueur & la largeur des petits tuyaux. TAB. XVII. Fig. 72.

J'ai remarqué dans ces expériences, que le tuyau étant inégalement large aux deux extrémitez, comme en celui-ci, qui étoit de 3 lignes à un bout, & de 3 $\frac{1}{2}$ à un autre, il donnoit toûjours la même quantité, quelque bout, qu'on mît dans le trou E; ce qui procédoit de ce que toute l'eau se vuidoit toûjours en même tems, demeurant tout rempli d'un bout à l'autre.

J'ai fait une autre expérience semblable. On avoit soudé un tuyau de 6 pieds de longueur & d'un pouce de largeur à l'ouverture E d'un pied cube, qui aiant été rempli d'eau avec le tuyau s'est vuidé en 37 secondes; & aiant coupé le tuyau par le milieu H, il se vuida en 45; & le coupant par le haut E', il se vuida en 95: d'où l'on voit que la longueur du tuyau donne plus d'accélération.

Un

Un autre bacquet dont l'eau étoit à 4 pouces au-dessus du trou E de 4 lignes où est le tuyau EF, a donné, lorsqu'il étoit de 2 pieds de hauteur, 12 mesures $\frac{1}{2}$ de celles dont il n'eût donné que 8 $\frac{1}{2}$ par la hauteur de 4 pouces; & si le bacquet eût été jusques à F, il en eût donné jusques à 18 $\frac{1}{2}$: ainsi c'est un moïen proportionnel qui procéde de l'accélération de l'eau qui remplit toûjours le tuyau, & fait descendre plus vîte l'eau par E, mais non pas si vîte que si le bacquet avoit 28 pouces de hauteur: on a trouvé ces 8 $\frac{1}{2}$, le même tuyau n'aiant qu'un pouce de hauteur, parce qu'il se faisoit peu d'accélération. Un autre tuyau de
TAB. XVII. 4 pieds fit presque le même effet; il avoit 4 lignes à un bout & 4 $\frac{1}{2}$ à l'autre: on le mit au trou E selon les deux positions; & il donna la même
Fig. 72. quantité d'eau, sinon qu'il sembloit que les 4 lignes étant en E & les
73. 4 $\frac{1}{2}$ en F, il en sortît 3 ou 4 cueillerées davantage.

Mais aiant appliqué un tuyau étroit de 2 pieds & demi de longueur & $\frac{3}{4}$ de lignes d'ouverture, il n'en est pas sorti $\frac{1}{8}$ davantage, quand le tuyau étoit de sa longueur, que quand il étoit seulement d'un pouce; ce qui procéde du frottement le long du tuyau étroit qui empêche l'eau d'accélérer sa vitesse en tombant.

TROISIÈME DISCOURS,

De la mesure des Eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.

ON a vû dans le 3e. Discours de la 2e. Partie, que les eaux qui jaillissoient avec des vitesses égales par de différentes ouvertures, faisoient équilibre par leur choc avec des poids qui étoient l'un à l'autre en raison doublée des diamétres des ouvertures. On doit dire la même chose à l'égard de la dépense de l'eau qui sort par des ajutoirs différens au-dessous des réservoirs d'égales hauteurs, sçavoir qu'ils dépensent de l'eau selon la raison doublée des diamétres des ouvertures: on en fait la démonstration en cette sorte.

DÉMONSTRATION.

TAB. XVII. AB est un plan percé d'une ouverture ronde *ef*. CD est un autre plan percé d'une autre ouverture *g h* plus petite. IL est un cylindre
Fig. 74. passant entièrement par l'ouverture *ef* en un certain tems, comme de 2 secondes selon une vitesse uniforme. MN un autre cylindre de même longueur, mais dont la base est plus petite, laquelle passe aussi entièrement par l'ouverture *gh* dans le même tems de deux secondes. Il est manifeste que si le diamétre *ef* du cylindre IL, qui est le même que

que celui de l'ouverture, est double du diamétre gh; le grand cylindre sera quadruple de l'autre, puisqu'ils sont l'un à l'autre comme leurs bases, dont chacune est supposée égale à l'ouverture par où ils passent. Or puisqu'ils vont de même vitesse, quand la moitié du grand cylindre sera passée, la moitié du petit le sera aussi, & ce qui sera passé de l'un & de l'autre, sera toûjours dans la même proportion de 4 à 1. Donc si on suppose que ces cylindres soient des jets d'eau qui aillent de même vitesse, il passera toûjours en même tems 4 fois autant d'eau par la grande ouverture que par la petite, qui est la raison doublée des diamétres des ouvertures, & de même à l'égard des autres proportions. Pour confirmer cette régle, on a fait les expériences suivantes.

I. EXPÉRIENCE.

UN réservoir, aiant 12 pieds 4 pouces d'élévation, a donné par une ouverture de 3 lignes bien mesurées 14 pintes en 61 secondes $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein; & par un trou de 6 lignes bien mesurées, il a donné la même quantité en 15 secondes $\frac{1}{2}$: c'est à peu près selon la proportion doublée des diamétres; car il en eût donné 56 pintes $\frac{1}{2}$ environ dans le tems de 62 secondes.

II. EXPÉRIENCE.

UN réservoir de 24 pieds 5 pouces de hauteur a donné par la même ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 secondes $\frac{1}{2}$, & une autre fois en 45; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 11 & $\frac{1}{4}$ à peu près; & aiant reïtéré l'expérience, elle les a données en 11 secondes précisément. Par ces deux expériences & par plusieurs autres semblables qu'on a faites dans de médiocres hauteurs depuis 5 pieds jusques à 27, on a trouvé que les différentes ouvertures donnoient toûjours de l'eau sensiblement & à fort peu près selon les proportions de leurs surfaces, & qu'on peut suivre cette régle.

RÉGLE.

Pour la dépense des eaux jaillissantes.

LEs jets d'eau par différentes ouvertures mises au-dessous de réservoirs d'égales hauteurs donnent de l'eau selon la raison des ouvertures, ou selon la raison doublée des diamétres des ouvertures.

Table des dépenses d'eau pendant une minute par différens ajutoirs ronds, l'eau du réservoir étant à 13 pieds de hauteur.

Diamétres.	*Dépenses.*
Par l'ajutoir de 1 ligne	1 pinte & $\frac{10}{18}$.
par 2 lignes	6 pintes. $\frac{2}{9}$.
par 3 lignes	14 pintes.
par 4 lignes	25 pintes à peu près.
par 5 lignes	39 pintes.
par 6 lignes	56 pintes.
par 7 lignes	76 $\frac{1}{4}$.
par 8 lignes	110 $\frac{2}{3}$.
par 9 lignes	126
par 12 lignes	224 pintes.

Si l'on veut se servir du calcul des pouces, on trouvera que l'ouverture de 3 lignes donnera un pouce, celle de 6 lignes 4 pouces, & celle de 12 lignes 16 pouces.

Il y a quelquefois des causes qui empêchent l'exactitude de ces régles de manière que fort souvent les grandes ouvertures donnent un peu plus à proportion que les plus petites, & quelquefois elles donnent moins. De même les plus grandes hauteurs donnent quelquefois un peu plus que selon la raison sous-doublée, & quelquefois elles donnent un peu moins. J'en ai fait les expériences suivantes.

III. EXPÉRIENCE.

JE pris un tuyau de demi pied de diamétre & d'environ 6 pieds de hauteur, aiant un tambour ou réservoir au haut qui contenoit environ 12 pintes; je mis au fond la même plaque percée d'une ouverture de 12 lignes qui avoit servi aux premières expériences, & une autre de 4 lignes dans le même fond; l'ouverture de 12 lignes étoit distante d'environ un pouce du bord de la base, & celle de 4 lignes aussi à un pouce; on mettoit un grand bacquet au-dessous où il y avoit une séparation qui le divisoit inégalement, on l'ajustoit en sorte que l'eau qui couloit par les 4 lignes, entroit en la petite séparation, & celle qui couloit par le pouce dans l'autre; le tuyau étant plein, on laissoit couler en même tems les 2 ouvertures, & on retiroit le bacquet tout à coup, en sorte que les 2 ouvertures cessoient d'y couler sensiblement en un même moment: on a toûjours trouvé que le grand trou, qui selon la 2e. régle devoit donner 9 fois autant que le petit, n'en donnoit que 8 fois autant, & 8 fois & quelque peu davantage dans d'autres expériences. La cause de cet effet est la même que celle dont on a parlé ci-devant, sçavoir que l'eau ne coule pas si facilement par la grande ouverture que

par

par la petite: car la grande devant donner 9 fois autant d'eau, il faut que celle qui doit succéder à celle qui coule, vienne de près d'un pied de circonférence, & la distance d'un côté du tuyau n'étoit que d'un pouce, & la plus éloignée seulement de 4 pouces; ce qui retardoit l'écoulement, l'eau supérieure ne pouvant venir aussi vîte qu'il eût été nécessaire: au lieu que dans la petite ouverture il suffisoit d'une distance d'un pouce de tous côtez pour fournir assez vîte à l'écoulement; & cette defférence faisoit ce 9e. de différence dans les quantitez des eaux écoulées, comme dans l'expérience du pouce dont le centre étoit plus bas que la surface de l'eau de 7 lignes qui ne donnoit que 13 pintes $\frac{3}{8}$, au lieu que le trou de 6 lignes donnoit le quart de 15 pintes, son centre étant à la même distance de 7 lignes de la surface supérieure de l'eau.

IV. EXPÉRIENCE.

POur ôter cette difficulté de l'écoulement, on fit plusieurs expériences dans un tonneau, dont le fond étoit assez large pour placer l'ouverture de 12 lignes à un pied du bord le plus proche, & on mit la petite ouverture à plus d'un pied de distance de la grande. L'expérience aiant été faite avec le même bacquet où il y avoit une séparation, on trouva toûjours que la grande ouverture donnoit moins que 9 fois plus que la petite; car il s'en manquoit quelquefois $\frac{1}{18}$, quelquefois $\frac{1}{20}$, c'est-à-dire, que si la petite avoit donné chopine, la grande donnoit 8 chopines & demi ou 8 chopines & ^{3}. On mesura exactement de nouveau les 2 ouvertures, & on trouva que celle de 12 lignes étoit tant soit peu plus forte à proportion que celle de 4 lignes; du moins on étoit assûré qu'elle n'étoit pas plus foible, & par conséquent que le défaut de la quantité d'eau qu'elle devoit donner, ne procédoit pas de cette cause. Dans les expériences qu'on fait séparément avec des ouvertures différentes, les grandes ouvertures donnent ordinairement plus à proportion que les petites. Il y a trois causes qui peuvent contribuer à cet effet:

La premiére, qu'il y a plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes; car les circonférences des ouvertures différentes ne sont l'une à l'autre que selon la raison des diamétres, au lieu que les eaux qu'elles donnent, sont en raison doublée des mêmes diamétres: or si l'on suppose que l'eau par sa viscosité s'attache un peu aux bords des ouvertures, il faudra retrancher par cette raison une petite partie de la largeur des diamétres; par exemple, à une ouverture de 3 lignes on peut retrancher $\frac{1}{10}$ de ligne; c'est pourquoi à une ouverture de 6 lignes, quoique le quarré de 6 soit quadruple du quarré de 3, & que les ouvertures rondes soient entr'elles comme les quarrez, dont les côtez sont égaux aux diamétres des cercles, néanmoins la circonférence de l'ouverture qui a 6 lignes de diamétre, sera seulement double de celle qui a trois lignes; c'est pourquoi il ne faudra retrancher qu'un

cinquième ou deux dixièmes pour cet empêchement. D'où l'on voit que les jets de plus grande ouverture ne sont pas si fort retardés & empêchés que les petits, & donnent plus d'eau à proportion de leurs diamétres.

La seconde cause est qu'un petit filet d'eau trouve plus de résistance dans l'air à sa sortie, qu'un gros jet, comme il arrive aux petites balles de plomb qui ne vont pas si loin que les grosses, quoiqu'elles sortent d'un même mousquet en même tems.

La troisième cause est le choc plus grand de l'eau qu'on verse pour entretenir l'écoulement des plus grandes ouvertures. Car pour entretenir un réservoir plein, dont l'eau ne sort que par 4 lignes, il suffit de verser l'eau tout doucement avec un petit vaisseau: mais lorsque le jet est de 12 lignes de largeur, il faut verser l'eau à plein seau, & avec une grande vitesse; ce qui donne une impulsion à l'eau qui la fait aller plus vîte que s'il n'y avoit que le seul poids qui la poussât. On en a fait l'expérience en mettant horisontalement une ouverture d'un pouce de hauteur & de 4 de longueur: car elle donne en 36 secondes $\frac{1}{2}$ une quantité d'eau qu'elle ne devoit donner que dans le quart de 154 secondes, sçavoir en 38 $\frac{1}{2}$; ce qui procédoit de ce qu'on versoit avec grande force l'eau pour entretenir celle qui sortoit, & même quand on n'entretiendroit pas les réservoirs pleins, l'eau descend bien plus vîte par un tuyau de 3 ou 4 pouces de largeur quand le jet est gros, que quand il est petit; ce qui augmente nécessairement la vitesse de la sortie. Ces trois causes jointes ensemble sont quelquefois un peu plus fortes que la seule difficulté de l'écoulement, & quelquefois elles ne font que l'égaler, lorsqu'on fait les expériences séparément par de différentes ouvertures.

Voici quelques expériences que j'en ai faites avec une ouverture de 3 lignes & une de 6 lignes.

I. EXPÉRIENCE.

L'Ouverture de 3 lignes, aiant son réservoir à 5 pieds & demi de hauteur, a donné 14 pintes de 2 livres de poids en 93 secondes; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 23 secondes au lieu de 23 $\frac{1}{4}$.

II. EXPÉRIENCE.

UN réservoir, étant à 24 pieds & un peu plus, a donné par l'ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 secondes & demi; & par 6 lignes en 11 secondes en entretenant la hauteur de l'eau dans le réservoir.

III. EXPÉRIENCE.

De la hauteur de 12 pieds $\frac{1}{2}$ le trou de 3 lignes a donné 14 pintes médiocres en 61 secondes $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein ; & par le trou de 6 lignes, il les a données en 15 $\frac{1}{2}$.

IV. EXPÉRIENCE.

On mit une marque dans le tambour ou réservoir qui étoit au haut du tuyau plus haut que celle qui marquoit les 12 pieds 4 pouces, & une autre plus bas en égale distance, afin que laissant écouler l'eau depuis la marque supérieure jusques à l'inférieure, cela fit le même effet que si on l'avoit entretenu plein à 12 pieds 4 pouces : il entroit 13 pintes $\frac{1}{4}$ dans le réservoir depuis la marque inférieure jusques à la supérieure ; elles s'écoulérent par 3 lignes en 58 secondes, & par 6 lignes en 15 au lieu de 14 $\frac{1}{2}$.

V. EXPÉRIENCE.

Le réservoir étant à 24 pieds 3 pouces, & à la marque du milieu, a donné par les 3 lignes 14 pintes en 44 secondes $\frac{1}{2}$, & par les 6 lignes en 12 $\frac{1}{2}$ à peu près ; & en laissant écouler les 13 pintes $\frac{1}{4}$ depuis la marque supérieure, il s'est emploïé 42 secondes par les 3 lignes & 10 $\frac{1}{2}$ par les 6 lignes : cette derniére expérience rend les proportions égales aussi-bien que la 2e.

On a trouvé à peu près de même en un réservoir de 35 pieds.

Par ces différentes expériences on voit que l'on peut suivre la 2e. régle sans craindre aucune erreur considérable, & que les causes contrariées font toûjours une compensation assez juste quand on fait les expériences.

A l'égard de la raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs, il y a deux causes qui la diminuent, & deux qui l'augmentent.

Celles qui la diminuent, sont que l'air résiste plus à proportion à une grande vitesse qu'à une petite, & que le frottement est plus grand contre les bords de l'ajutage.

Celles qui l'augmentent, sont les mêmes qui font quelquefois que les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites, sçavoir, qu'il faut verser l'eau avec plus de force pour entretenir les réservoirs pleins dans une grande hauteur que dans une petite, & que l'eau descend plus vîte quand on la laisse écouler.

Ces causes se compensent assez justement l'une par l'autre : mais il arrive plus ordinairement qu'il y a un peu moins qu'à la raison sous-doublée dans les grandes hauteurs ; mais quand on fait les expériences dans un

un même fond de réservoir en même tems, les grandes ouvertures donnent toûjours moins à proportion que les plus petites.

TAB. XVIII. Fig. 75. *Toricelli* a démontré dans un petit Traité qu'il a fait du Mouvement des Eaux, que s'il y a un réservoir A B C D percé au fond en E d'une petite ouverture comme de 4 à 5 lignes, & que l'eau étant jusques à la ligne A B, elle puisse s'écouler en 10 minutes sans y rien ajoûter; elle passera des espaces inégaux en descendant dans des tems égaux, en sorte que si l'on divise la ligne B C en 100 parties égales, elle descendra pendant la première minute de 19 de ces parties, pendant la 2e. de 17, pendant la 3e. de 15, &c. & ainsi de suite selon les nombres impairs jusqu'à l'unité, tellement que la dernière partie se vuidera en la dernière des 10 minutes. La raison de cet effet est fondée sur la première régle expliquée ci-dessus, que les vitesses des eaux coulantes sont en raison sous-doublée des hauteurs, & par conséquent qu'elles sont entre elles comme les ordonnées d'une parabole A B C, commençant par la plus grande A B, & finissant au point C; ce qui fait que les espaces passés en même tems par la surface de l'eau A B sont comme les nombres impairs de suite commençant par le plus grand.

De-là on tire une conséquence, que si on mésure la quantité d'eau qui est contenue dans le réservoir jusques à la ligne A B, & qu'elle s'écoule en 10 minutes, il en sortira deux fois autant dans le même tems, si on entretient toûjours le réservoir plein jusques à la hauteur A B: ce qui procéde de ce que si une goute d'eau étoit tombée dans un certain tems depuis B jusques à C, & qu'elle continuât sa vitesse acquise au point C sans l'augmenter ni diminuer, elle passeroit dans le même tems un espace double de B C. Or l'eau qui sort au commencement par l'ouverture E, a une vitesse égale à celle que la goute tombant auroit acquise au point C, & toute l'eau qui sort, a toûjours la même vitesse si ce réservoir demeure plein; c'est pourquoi il en sortira deux fois autant dans les 10 minutes, qu'il en sort en la laissant écouler sans y rien ajoûter, & dans 5 minutes autant qu'il en contient.

TAB. XVIII. Fig 76. 77. Mais la même chose n'arrive pas quand ce tuyau n'est que d'un demi pied de largeur & de 2 ou 3 pieds de hauteur, comme le tuyau A B C D, aiant l'ouverture K de 6 lignes: car la vitesse de l'eau qui descend pendant l'écoulement, donne une impulsion à celle qui sort, laquelle jointe au poids de l'eau la fait aller plus vîte qu'elle ne fait quand elle descend très-lentement, ce tuyau étant fort large. J'ai trouvé plusieurs fois que si l'eau s'écouloit entièrement d'un tel réservoir en 4 minutes, qu'il s'en manquoit quand on l'entretenoit plein, qu'il n'en sortît autant pendant 2 minutes; & si ce tuyau contenoit 24 pintes, & qu'elles s'écoulassent en 4 minutes, il n'en sortoit que 20 pintes en l'entretenant plein pendant l'espace de 2 minutes, & pour en donner 24, il faloit 2 minutes & 24 secondes: ce défaut provient aussi de ce que le jet est plus retardé par le frottement & par la résistance de l'air à pro-

portion quand il eſt vîte, que quand il eſt foible; comme on l'a expliqué ci-devant, & ainſi il eſt toûjours également retardé par ces deux cauſes, quand le tuyau eſt entretenu plein; mais il l'eſt bien moins quand l'eau n'eſt qu'à la hauteur LM, encore moins quand elle eſt deſcendue juſqu'à FG. Il eſt vrai que s'il ſe fait un tournoïement dans l'eau, comme il arrive ſouvent, alors l'écoulement ſera retardé, & pourra récompenſer l'effet de l'accélération: ce tournoïement ſe fait lorſque le trou n'eſt pas dans un même plan, & que l'eau coulante ſort un peu de travers en un endroit.

Dans la dernière expérience que j'ai faite ſur cette matière, l'eau avoit 10 pouces de hauteur au-deſſus d'une ouverture de 4 lignes qui étoit coulée ſur le fond intérieur du ſeau: on avoit poſé à côté de l'ouverture à la même hauteur un bâton où l'on avoit pris 10 pouces qu'on avoit diviſés en 36 parties: la première auprès de l'ouverture avoit une de ces parties, la ſeconde 3, la troiſième 5, la quatrième 7, la cinquième 9, & la ſixième 11. La première diviſion d'en-haut s'écoula en 39 ſecondes; les 2 ſuivantes de même; la 4e. n'emploïoit environ que 36 ſecondes, & chacune des deux autres encore moins, quoique l'eau fit alors un tournoïement; ce qui arrivoit par l'accélération de la viteſſe de l'eau, quand elle étoit ſortie de l'ouverture. La même proportion s'obſerve encore bien moins quand l'ouverture eſt fort grande à proportion de la hauteur, comme ſi elle a ſon diamétre égal à la 4e. ou 5e. partie de celui de la baſe du cylindre ABCD; car l'eau coulera en grande abondance, & par conſéquent elle accélérera beaucoup ſa viteſſe en deſcendant, & choquera ſi fort celle qui ſort, qu'encore qu'alors ſon poids ſoit moindre que lorſqu'elle étoit en AB, cette impulſion ſurpaſſera ce défaut, & il ſortira plus d'eau par l'ouverture K quand la ſurface ſupérieure ſera arrivée en HI ou LM, que quand elle étoit en AB. Cette vérité ſe connoîtra aiſément, ſi l'on conſidére que lorſque le tuyau eſt tout ouvert, l'eau ſupérieure deſcend en des tems égaux ſelon les nombres impairs de ſuite 11, 9, 7, 5, 3, 1, &c; & que lorſque le tuyau eſt fort large, & l'ouverture fort petite, elle deſcend ſelon les nombres 7, 9, 7, 5, 3. Et il ſuit néceſſairement qu'on peut proportionner les hauteurs, les largeurs, & les ouvertures du tuyau, de telle ſorte qu'il ſe fera un temperament de viteſſe tel qu'on voudra dans les écoulemens, c'eſt-à-dire, qu'on pourra faire paſſer les 2 moitiez en deux tems égaux, & que la 3e. partie vers le bas ſe vuidera en un tems 3 fois moindre que le reſte, & ainſi des autres parties: mais lorſque l'eau ſera beaucoup deſcendue comme en FG, elle n'accélérera plus, mais elle diminuera toûjours de viteſſe; car alors la preſſion ſera diminuée de plus de moitié, & l'accélération ceſſera néceſſairement de beaucoup, & alors elle ira toûjours en diminuant juſques à la fin. On a expérimenté dans un tuyau de verre de 5 pieds de hauteur, de 10 lignes de largeur, & de 2 lignes d'ouverture, diviſé en 5 parties, que la première ſe paſſoit

en

en 7 mesures de tems, la 2e. en 6, la 3e. en 6, & la 4e. en 7, à peu près, & le reste toûjours en diminuant; d'où il s'ensuit, que dans un tel tuyau il y a deux endroits différens, l'un vers le haut, & l'autre vers le milieu du tuyau, où l'eau descend avec la même vitesse. On voit de-là qu'il est impossible que l'eau descende uniformément tout le long des vaisseaux cylindriques quels que soient les largeurs & les hauteurs, & les ouvertures ou ajutages: car si le poids qu'elle a en HI joint à l'impulsion de sa vitesse, la fait sortir avec une certaine vitesse par K, l'impulsion de la même vitesse, si elle la conservoit, joint au poids qu'elle a en LM, qui sera la moindre, la fera sortir moins vîte; & par conséquent l'eau supérieure descendra moins vîte en LM qu'en HI. D'où il s'ensuit, que si dès le commencement l'eau supérieure diminue de vitesse, elle diminuera toûjours jusques à la fin.

De-là on pourra juger en combien de tems un muid ou autre vaisseau pourra se vuider en le laissant écouler par une certaine ouverture. Car soit ABCD un muid de *Paris*, posé debout, aiant une ouverture de 4 lignes en E. La hauteur ordinaire du vin entre les fonds, qui est de 30 pouces ou 2 pieds & demi, par 13 pieds, fait $32\frac{1}{2}$, dont la racine est 5 & $\frac{12}{17}$ à fort peu près; & comme 13 à $5\frac{12}{17}$, ainsi 14 à $6\frac{1}{6}$ à fort peu près, Donc, si l'ouverture E étoit de 3 lignes, il en sortiroit, le muid étant entretenu plein, 6 pintes & $\frac{1}{6}$ en une minute; mais étant de 4 lignes, les surfaces de ces ouvertures sont comme 9 à 16; donc comme 9 à 16 ainsi $6\frac{1}{6}$ à $10\frac{25}{27}$, c'est-à-dire, à 11 un peu moins. Et si 11 pintes me viennent d'une minute, quel tems me donneront 280? on trouvera environ 25 minutes & demi en entretenant toûjours le vaisseau plein d'eau; donc, par ce qui a été dit ci-dessus, il faudra le double de ce tems, sçavoir 51 minutes pour le laisser écouler. Puisque l'ouverture sera très-petite à proportion de la largeur, les renflemens AGD & BFC n'apporteront point de différence considérable à ce calcul.

TAB. XVIII. Fig. 78.

Il est bon de résoudre ici un problême assez curieux, que *Toricelli* n'a pas entrepris de résoudre; quoiqu'il l'ait proposé. Ce problême est de trouver un vaisseau de telle figure qu'étant percé au fond d'une petite ouverture, l'eau supérieure passe en descendant des hauteurs égales en des tems égaux. Si dans la figure conoïdale BL est à BN, comme le quarré quarré de LM est au quarré quarré de NO; & BN à BH, comme le quarré quarré de NO au quarré quarré de HK, & ainsi de suite: l'eau descendra depuis ADC uniformément jusques à l'ouverture, qui est en B. Car, soit BP la moïenne proportionnelle entre BD & BH. D'autant que les quarrez quarrez de KH & de DC sont entr'eux comme les hauteurs BH, BD, les quarrez de HK, DC, seront en raison sous-doublée de BH, à BD, ou comme les hauteurs BP, BD. Mais la vitesse de l'eau qui sort en B par la charge de la hauteur BD, est à la vitesse de celle qui sort par la charge de la hau-

TAB. XVIII. Fig. 79.

hauteur BH en raison sous-doublée de BD à BH, c'est-à-dire, comme BD à BP. Donc la vitesse de l'eau descendante de H est à la vitesse de l'eau descendante de D, comme le quarré de HK au quarré de DC. Mais la surface circulaire de l'eau en H est à la surface circulaire de l'eau en D, comme le quarré de HK au quarré de DC. Donc elles couleront & descendront aussi vîte l'un que l'autre. Et si la surface ADC s'écoule en une seconde, la surface GHK s'écoulera aussi en une seconde, puisque les quantitez sont comme les vitesses. La même chose arrivera aux autres surfaces en E, en F, &c. Mais il faut que l'ouverture en B soit très-petite, afin qu'il ne se fasse point d'accélération considérable, & que l'eau ne sorte par l'ouverture B sensiblement, que selon la proportion de son poids. Un tel vaisseau peut servir de clepsidre ou horloge d'eau.

EXPLICATION EN NOMBRES.

SOit DB 16 & BI l'unité: le quarré quarré de IR sera l'unité, si le quarré quarré de DC est 16, & par conséquent DC sera 2 si IR est 1. Soit BH moïenne proportionnelle entre BI & BD qui sera par conséquent 4: la vitesse par le poids DB est 16: mais le cercle ou la surface IR sera 1, & le cercle DC sera 4: donc ces quantitez seront comme leurs vitesses; & par conséquent dans le même tems les surfaces, ou les cercles DC & IR, s'écouleront; & s'il faut une seconde de tems pour écouler la surface IR, il en coulera le quadruple en même tems par une vitesse quadruple, c'est-à-dire, la surface DC, puisqu'elle est quadruple de l'autre. La même proportion se trouvera dans toutes les autres surfaces, qui composent toute l'eau, ou dans les solides qui ont une épaisseur indéfiniment petite. On suppose dans toutes ces expériences qu'il ne se fasse point de tournoïement dans l'eau, ni de petit creux, comme dans les entonnoirs qui se vuident.

RÉGLE.

S'Il y a deux tuyaux AB & CD d'égale hauteur, & de largeur inégale, quelle que soit cette inégalité; & que l'eau sorte de leurs fonds par des ouvertures égales; il ne sortira pas davantage d'eau du tuyau étroit que du large en même tems en les entretenant pleins, pourvû que le tuyau le moins large ait son diamétre environ 4 fois aussi grand que l'ouverture par où sort l'eau, & que l'eau n'ait point de mouvement circulaire dans les tuyaux: car l'eau sortant par les ouvertures égales élévera des poids égaux par ce qui a été dit ci-dessus; elle ira donc aussi vîte en l'un qu'en l'autre, & par conséquent il en sortira aussi autant d'eau en même tems. TAB. XVIII. Fig. 80.

S'il y a donc un réservoir de 100 pieds de diamétre, & un d'un pied,

qui soient d'égale hauteur, & percés au fond où à côté d'ouvertures égales à même hauteur des surfaces de l'eau, il en sortira autant de l'un que de l'autre en même tems.

On fait ici une question, sçavoir, si l'on a deux tuyaux d'un pouce de largeur, & inégaux en hauteur, par exemple, l'un de 5 pieds, & l'autre de 10, & qu'on les emplisse d'eau, s'ils donneront autant d'eau l'un que l'autre en même tems. On répond qu'ils en donnent sensiblement autant l'un que l'autre, parce que l'eau dans tous les deux tombe également vîte, comme deux cylindres inégaux de même matière dans le commencement de leur chûte; parce que l'air résiste très-peu à l'un & à l'autre, & ils s'accélérent sensiblement de même selon les nombres impairs: donc s'il sort 6 pieds d'eau en un certain tems de l'un, il en sortira autant de l'autre. Que si l'on retressit le grand tuyau jusques à 4 lignes à sa base, il donnera plus d'eau dans le premier quart de seconde, qui s'il étoit tout ouvert. En voici le calcul:

Le produit de 13 par 52 est 676, dont la racine est 26; comme 13 à 26, ainsi 14 pintes à 28; donc en une minute ce trou donnera 28 pintes, ou 56 livres; & par une ouverture de 4 lignes, 99 livres $\frac{1}{2}$; & en une seconde, environ 26 onces & demi; & en un quart de seconde, 6 onces $\frac{1}{2}$: mais en un quart de seconde le cylindre d'eau ne descend que de trois quarts de pied, qui sur une largeur d'un pouce ne vaut qu'un peu plus de 4 onces; donc en un quart de seconde il est sorti du grand cylindre 2 onces $\frac{1}{2}$ plus d'eau par l'ouverture de 4 lignes, que du petit cylindre tout ouvert.

QUATRIÈME DISCOURS,

De la mesures des Eaux courantes dans un aqueduc, ou dans une rivière.

POur mesurer les eaux courantes dans la conduite d'un aqueduc, ou celles d'une rivière, qu'on ne peut pas recevoir dans un vaisseau, on se servira de la méthode suivante:

On mettra sur l'eau une boule de cire chargée d'un peu de matière plus pesante, en sorte qu'il ne passe que fort peu de la cire au-dessus de la surface de l'eau de peur du vent; & après avoir mesuré une longueur de 15 ou 20 pieds de l'aqueduc, on reconnoîtra avec un pendule à demi-secondes en combien de tems la boule de cire emportée par le cours de l'eau passera cette distance. Ensuite on multipliera la largeur de l'aqueduc par la hauteur de l'eau, & le produit par l'espace qu'aura parcouru la cire; le dernier produit, qui est solide, marquera toute l'eau qui aura passé pendant le tems qu'on aura remarqué, par une section de l'aque-

l'aqueduc. Pour faire cette opération avec justesse, il faut que le lit de l'aqueduc ait la même pente que la superficie de l'eau qui y passe, & de plus l'on suppose que l'eau coule également vîte au fond, au-dessus, aux côtez.

EXEMPLE.

ON suppose un aqueduc qui ait deux pieds de largeur, & que l'eau y soit haute d'un pied, & qu'en 20 secondes de tems la cire ait fait 30 pieds; ce sera un pied & demi par seconde. Mais, parce que l'eau va plus lentement au fond qu'au-dessus, il ne faut prendre que 20 pieds; ce sera donc un pied par seconde: le produit d'un pied de hauteur par deux pieds de largeur est 2, qui multiplié par 20 de longueur donne 40 pieds cubes, ou 40 fois 35 pintes d'eau, qui font 1400 pintes en 20 secondes: & si 20 secondes donnent 1400, 60 secondes en donneront trois fois autant, sçavoir 4200 pintes: & divisant 4200 par 14, qui est le nombre des pintes qu'un pouce d'eau donne en une minute ou en 60 secondes, on trouvera le quotient de 300, qui sera le nombre des pouces que donnera l'eau de l'aqueduc.

On calculera facilement par cette manière le nombre des pouces que donne la rivière de *Seine*; car puisqu'il passe par-dessous le pont-rouge en une minute 200000 pieds cubes d'eau, si on multiplie 35, qui est le nombre des pintes que contient un pied cube, par 200000, on aura 7000000 pintes, qui étant divisées par 14 donnent 500000, qui est le nombre des pouces que donne la rivière de *Seine* quand elle est dans sa médiocre hauteur.

Si l'on veut calculer de grandes ouvertures, comme une toise quarrée, il faut considérer la hauteur de la surface de l'eau au-dessus du milieu de la toise; soit, par exemple, 5 pieds, il y aura donc 8 pieds jusques au milieu de la toise. Le produit de 8 par 13 est 104, dont la racine quarrée est 10 & $\frac{1}{5}$ à peu près; comme 13 à 10$\frac{1}{5}$, ainsi 14 à 11 à fort peu près; & parce qu'un pouce rond est 16 fois plus grand qu'un rond de 3 lignes, un pouce surmonté de 8 pieds donnera 16 fois 11 pintes, ou 176 pintes, qui divisées par 14 donnent 12 pouces $\frac{4}{7}$ pour un pouce de diamétre d'ouverture. Une ouverture ronde d'un pied de diamétre donne 144 fois davantage; le produit de 12$\frac{4}{7}$ par 144 est 1810; le pied rond donnera donc 1810 pouces. La toise ronde contient 36 fois un rond d'un pied, le produit de 36 par 1810 est 65160; comme 11 à 14 ainsi 65160 à 82930; donc la toise quarrée surmontée de 5 pieds donnera 82930 pouces.

De-là on connoîtra que si l'on avoit retenu la rivière de *Seine* quand elle est dans sa grandeur un peu plus que médiocre, & qu'elle s'élevât jusques à 8 pieds au-dessus d'une ouverture quarrée de 10 pieds & de 18 pieds de largeur, elle y passeroit toute: car il y auroit jusques au centre

du cercle qui auroit 10 pieds de diamétre, 13 pieds depuis la surface de l'eau retenue, & elle donneroit par 3 lignes de diamétre d'ouverture un pouce; par un pouce de diamétre elle donneroit 16 pouces; par un pied 144 fois 16 pouces, qui font 2304 pouces; & multipliant ce nombre par 100 quarré de 10 pieds, qui est la largeur de l'ouverture, on auroit 230400; & selon la proportion du cercle au quarré circonscrit, qui est de 11 à 14, on trouveroit 293236 pouces quarrez à peu près; & y ajoûtant 8 pieds en longueur, on auroit plus de 500000 pouces, qui est ce que donne la rivière de *Seine* étant médiocre, comme il a été dit ci-devant; & par conséquent elle passeroit toute par une ouverture quarrée qui auroit 18 pieds de largeur & 10 de hauteur.

Si l'eau coule par un aqueduc, ou par un canal de rivière, selon une petite pente uniforme, elle acquerra dans un médiocre espace une vitesse qu'elle n'augmentera plus: car le frottement des bords & du fond du canal, & le renversement des parties de l'eau du dessus au dessous, & la résistance de l'air aux petites vagues qui sont en la surface, lui font perdre une partie de sa vitesse; & par conséquent elle ne peut accélérer son mouvement que jusques à une certaine vitesse qu'elle acquiert en peu de tems; d'où il s'ensuit, que si une rivière a coulé par un assez long espace dans une certaine pente, & qu'elle coule ensuite par une pente moins roide, c'est-à-dire, par un plan moins incliné, elle diminuera de vitesse; car puisqu'elle aura acquis dans la première pente toute la vitesse qu'elle y peut avoir, qu'elle n'auroit pu acquerir dans une moindre, il s'ensuit qu'elle diminuera de vitesse peu à peu dans cette pente qui est moindre, jusques à ce qu'elle soit réduite à la vitesse qu'elle y peut acquerir.

QUATRIÈME PARTIE.

DE LA

HAUTEUR DES JETS.

PREMIER DISCOURS,

De la hauteur des Jets perpendiculaires.

ON a fait voir ci-devant que les jets devoient monter à la hauteur des réservoirs: mais que le frottement aux bords des ajutages, & la résistance de l'air, faisoient, que dans les jets fort élevés il s'en faloit beaucoup que la hauteur du jet n'arrivât à celle du réservoir.

Pour

Pour bien expliquer les régles qu'on doit suivre pour calculer les hauteurs des jets, selon les hauteurs de l'eau des réservoirs, il faut considérer les régles suivantes.

PREMIÈRE RÉGLE.

Lorsque les tuyaux qui fournissent l'eau, sont suffisamment larges, plus l'ajutage est large, plus il pousse loin son jet.

On en fait facilement l'expérience, si l'on a un muid debout plein d'eau, & qu'on le perce à côté vers le fond inférieur de 5 ou 6 ouvertures différentes à même hauteur horisontale, comme d'une ligne, de 2 lignes, de 4 lignes, de 6 lignes, de 10, de 12, &c. car on verra toûjours que la plus large ouverture poussera l'eau plus loin, pourvû que les ouvertures soient à même distance de la superficie de l'eau. La même chose arrivera dans des tuyaux de 3 ou 4 pouces de largeur, pourvû que l'ouverture n'excéde pas un pouce de diamétre.

La cause de cet effet est assez aisée à expliquer, si l'on considére ce qui doit arriver à des boules de bois de différens calibres. Car puisqu'elles sont l'une à l'autre en raison triplée de leurs diamétres, leurs poids seront aussi en même raison, comme aussi leur force pour surmonter la résistance de l'air: & par conséquent si l'on jette avec la même vitesse une boule de deux lignes de diamétre, & une autre de 4, cette derniére ira plus loin. On en voit l'expérience lorsqu'on met dans une même arme à feu de la poudre de plomb, de la dragée, & des balles; car quoiqu'elles sortent avec la même vitesse, les dragées vont beaucoup plus loin que la poudre de plomb, & les balles beaucoup plus loin que les dragées; & par la même raison un boulet de canon ira plus loin qu'une petite balle de même métail poussée de même force. Il est vrai que si le réservoir n'est qu'à 2 ou 3 pieds, un jet par 8 lignes ne sera pas sensiblement différent d'un jet par 10 ou 12 lignes, & un par 4 lignes ira sensiblement aussi haut qu'un de 6 lignes: mais la différence sera très-considérable aux jets de 30, 50, & 60 pieds de hauteur, & au-delà.

II. RÉGLE.

Les jets diminuent de la hauteur du réservoir selon la raison doublée des hauteurs où ils s'élévent.

Soit ABC un réservoir ou tuyau jaillissant par l'ajutage D, & soit la hauteur de l'eau dans le tuyau successivement A & E. Je dis que si la ligne EH est le défaut du petit jet jusques à E, & GA le défaut du grand jet jusques à A, AG sera à EH en raison doublée de DH à DG. TAB. XVIII. Fig. 81.

Car soit supposé que le poids de l'air soit au poids de l'eau comme 1 à 600, ou pour la facilité du calcul comme 1 à 60, & qu'une seule

goute ou parcelle d'air soit rencontrée tout auprès de la sortie de l'ajutage par la première goute d'eau du jet, & qu'ensuite elle monte librement comme dans le vuide ; il est évident par ce qui a été démontré dans les régles des mouvemens des corps qui se choquent, que la goute d'eau perdra $\frac{1}{61}$ de sa vitesse, si cette vitesse est exprimée par 61. Soit donc DE 61, & DH 60, & que la goute soit retardée de $\frac{1}{61}$, à sçavoir EH. Soit maintenant la hauteur DA, la vitesse de la goute sera à sa première vitesse en raison sous-doublée de DE à DA, & cette goute par la rencontre d'une petite parcelle d'air perdra encore la 61ᵉ. partie de sa vitesse, & perdra une partie proportionnelle à HE selon la raison de DE à DA. Soit AL cette diminution, DE sera à DH, comme DA à DL. Mais comme on a supposé une parcelle d'air pour l'espace DE, il y aura autant de parcelles d'air par l'espace DA, à proportion que DA ou DG est plus grand que DE ou DH; & chaque parcelle diminuant sensiblement la hauteur de la goute d'eau dans la même proportion, ce sera une seconde raison égale à la première; & par conséquent AL étant à AG comme DE à DA, ou HE à AL, AG sera le défaut de hauteur de l'élévation de la goute d'eau : mais parce qu'il y a plusieurs parcelles d'air entre D & E, chacune desquelles retarde le mouvement de la goute dans les mêmes proportions, le mouvement de la goute dans l'espace DE sera beaucoup plus retardé que par la rencontre d'une seule parcelle comme on l'a supposé. Mais on peut considérer tous ces espaces d'air comme si ce n'étoit qu'une seule parcelle, & l'espace de l'air DA est aussi dans la même proportion que DA à DE, & par conséquent il faut ajoûter une seconde raison égale à la première; d'où il s'ensuit que si AL est à AG en raison doublée de DE à DA, GA sera le défaut du jet au-dessous de la hauteur de l'eau du réservoir DA, si EH est celui de la hauteur DE; ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE.

Soit DA quadruple de DE, la vitesse du jet de l'eau pressée par DA sera double de celle du jet de l'eau pressée par DE. Si l'on prend donc comme ci-dessus la hauteur DE pour 61, la hauteur DH sera 60: & comme la vitesse du grand jet est double, & qu'il doit s'élever à une hauteur quadruple, il perdra par la rencontre d'autant d'air qu'il y en a en DE, 4 fois autant de hauteur que HE; c'est-à-dire, qu'au lieu que le jet devoit s'élever à DA 244, il ne s'élévera qu'à DL 240. Mais l'espace EA étant divisé en 3 parties égales, chacune sera égale à DE, & si la première fait perdre la hauteur AL, la deuxième en fera perdre autant en la même proportion que les différentes parties de DE en font perdre au premier jet: car en quelque partie du jet que ce soit, la vitesse du grand est toûjours double de celle du petit; car il y a tou-

toûjours un espace quadruple de celui de l'autre à passer; il perdra donc encore outre la première partie trois autres égales L M, M N, N G: & A L étant posée 4, A G sera 16; & par conséquent le défaut A G sera au défaut E H en raison doublée de D E à D A, & si E H est d'un pouce, G A sera de 16 pouces.

Le frottement change un peu ces mesures, & la complication des espaces de l'air qui résiste: car dans les grands jets il s'en faudra beaucoup que l'espace de l'air passé soit en la raison des hauteurs des réservoirs; ce qui doit un peu diminuer du défaut, & c'est la hauteur des jets qu'il faut considérer; & ainsi si H D est 60, D G sera 240, le petit réservoir étant à 61 pieds, & le grand étant à 256 pieds.

Sur cette supposition il sera facile de calculer les hauteurs des jets à toutes les hauteurs des réservoirs une seule étant connue, comme celle d'un réservoir de 5 pieds, laquelle, comme il a été trouvé par plusieurs expériences, manque d'un pouce. Si donc on prend qu'un jet de 5 pieds, dont l'eau qui le fournit, n'est point serrée & coule facilement dans les tuyaux, doit avoir la surface de l'eau supérieure de son réservoir à 5 pieds un pouce, un jet de 10 pieds aura la hauteur de son réservoir à 10 pieds 4 pouces; celui de 15 pieds à 15 pieds 9 pouces, celui de 20 pieds à 20 pieds 16 pouces, & ainsi de suite selon les quarrez de suite. On ne fait point le calcul en diminuant les hauteurs des réservoirs: car si l'on avoit pris un réservoir de 100 pieds, il en faudroit diminuer 400 pouces, c'est-à-dire, 33 pieds$\frac{1}{3}$; un de 200 pieds auroit de diminution environ 133 pieds; & un de 400 pieds le quadruple de 133 pieds, sçavoir 532, & par conséquent il ne jailliroit point du tout; ce qui est impossible: car les jets jusques à cette hauteur doivent toûjours augmenter; mais il faut prendre que le jet de 200 pieds de hauteur aura son réservoir à 333 pieds, & un jet de 400 pieds à 932 pieds.

Pour toutes les différentes hauteurs on se servira de la table suivante.

Hauteurs du Jet.	*Hauteur du Réservoir.*	
5 pieds.	5 pieds.	1 pouce.
10.	10.	4.
15.	15.	9.
20.	20.	16.
25.	25.	25.
30.	30.	36 ou 33 pieds.
35.	35.	49.
40.	40.	64.
45.	45.	81.
50.	50.	100.
55.	55.	121.
60.	60.	144 ou 72 pieds.
65.	65.	169.

Haut.

Hauteur du Jet.	*Hauteur du Réservoir.*	
70 pieds.	70 pieds.	196 pouces.
75.	75.	225.
80.	80.	256.
85.	85.	289.
90.	90.	324 ou 117 pieds.
95.	95.	361.
100.	100.	400.

Ainsi le jet de 30 pieds aura 33 pieds de réservoir; celui de 60 pieds 72 pieds; celui de 90 pieds 117 pieds; celui de 100 pieds 133 pieds $\frac{2}{3}$; celui de 120 pieds 168 pieds: il ne faut point de table plus longue, car il n'est pas ordinaire de faire une hauteur de réservoir de 168 pieds; & un jet de 120 pieds se dissiperoit par sa violence en petites goutes imperceptibles, comme celles d'un brouillard; les tuyaux pourroient se rompre; & lorsque les tuyaux sont étroits, ou que le trou du robinet qu'on tourne pour faire passer l'eau, est beaucoup plus étroit que le reste du tuyau, les petits jets défaillent beaucoup plus que selon ces mesures; & alors il sort beaucoup moins d'eau qu'à proportion des hauteurs des réservoirs

On calculera alors la dépense de l'eau selon les hauteurs des réservoirs, auxquelles conviennent les hauteurs des jets; comme si un réservoir de de 30 pieds ne donne un jet que de 20 pieds par le défaut de l'empêchement de sa conduite ou d'autres choses, alors il faudra calculer la dépense de l'eau, comme si le réservoir étoit à 21 pieds 4 pouces avec une largeur de conduite suffisante.

Pour connoître les diminutions des hauteurs plus que selon la régle quand les trous sont petits, j'ai fait les expériences suivantes:

Le jet par une ligne à un tuyau de 4 pieds & demi manquoit de près de 6 pouces.

A un tuyau de 14 pieds il manquoit de 3 pieds.

A un de 27 il manquoit d'environ 8 pieds; ce qui montre que les jets étroits ne jaillissent pas à leur véritable hauteur.

Pour connoître sans calcul la hauteur des jets avant même que d'en faire aucune expérience, il faut avoir une balle de plomb & une de bois, chacune de 5 lignes de diamétre, & les jetter avec même force en haut: si celle de plomb s'éléve à 27 pieds, & celle de bois à 24 pieds $\frac{1}{2}$, ce sera une marque qu'un réservoir de 27 pieds ne fera son jet que de 24 pieds $\frac{1}{2}$ par un trou de 5 lignes; car encore que la balle de bois soit plus légére que l'eau, le plomb est aussi un peu retardé par l'air: & si l'on jette le même plomb avec une petite balle de bois d'une ligne, & que le plomb aille à 14 pieds, & la petite balle à 11; ce sera une marque qu'un jet par une ligne à un réservoir de 14 pieds ne montera qu'à 11 pieds.

Pour confirmer cette régle on a fait les autres expériences suivantes:

On

On a pris un tuyau de 3 pouces de largeur, au haut duquel on avoit ſoudé un tambour d'un pied de diamétre. La figure du tuyau étoit comme en la figure ABCD; la partie d'en-bas étoit recourbée. On mit le réſervoir AB à différentes hauteurs pour faire différentes expériences. TAB. XVIII. Fig. 82.

L'eau du réſervoir étant à 24 pieds 5 pouces plus haut que l'ouverture D, le jet eſt monté à 22 pieds 10 pouces; l'ouverture de l'ajutage étoit de 6 lignes; le quarré de 22 $\frac{5}{6}$ eſt 521 $\frac{13}{36}$. C'eſt pourquoi nous faiſons que comme 25 quarré de 5, eſt 521 $\frac{13}{36}$, ainſi 1 pouce de hauteur de réſervoir par-deſſus 5 pieds, eſt un peu moins de 21 pouces, qui doivent être ajoûtés aux 22 pieds 10 pouces pour avoir la hauteur du réſervoir ſuivant les meſures de la table précédente; ce qui fait 24 pieds & près de 7 pouces; ce qui s'accorde aſſez bien avec l'expérience.

Le jet de 4 lignes à la même hauteur de réſervoir n'eſt monté qu'à 22 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$, & n'a été plus bas que d'un pouce ou 1 pouce & demi, que celui dont l'ajutage étoit de 6 lignes: mais celui de 3 lignes a été plus bas que celui de 6 lignes de près de 8 pouces, & n'a été qu'à 22 pieds 2 pouces.

Un réſervoir de 12 pieds $\frac{1}{3}$ a fait ſauter le jet de 6 lignes à 12 pieds; c'eſt un peu plus que ſelon la régle.

Un autre réſervoir à 5 pieds $\frac{1}{2}$ de hauteur dans une conduite fort large, les ajutages étant de 3 lignes, de 4 lignes, & de 6 lignes, les jets ont jailli à peu près à 25 lignes au-deſſous de la ſurface de l'eau du réſervoir, & celui de 3 lignes ne différoit de celui de 6 lignes que d'une ligne à peu près. Par le calcul le quarré de 5 $\frac{1}{2}$ eſt 30 $\frac{1}{4}$, & par la régle 25 pieds eſt à 1 pouce, comme 30 $\frac{1}{4}$ à 1 $\frac{1}{5}$ un peu plus; ce qui donneroit la hauteur du réſervoir ſeulement moindre d'une demi ligne, que par l'expérience; ce qu'il n'eſt pas poſſible d'obſerver.

Les petits jets dans les petites hauteurs perdent fort peu par le choc de l'air, & ne ſont guéres moins hauts que ceux de 6 lignes, pourvû que les tuyaux ſoient ſuffiſamment larges: le ſurplus de la longueur n'augmente point la hauteur du jet, ni la quantité de l'écoulement, ou de la dépenſe de l'eau lorſqu'on entretient les tuyaux pleins; car le jet qui peut ſoûtenir l'eau qui doit ſortir, eſt toûjours d'égale force, & ſupporte des poids ſelon la grandeur de l'ouverture de l'ajutage.

Le réſervoir étant de 26 pieds 1 pouce, le trou de 6 lignes a jailli à 24 pieds 2 ou 3 pouces; & par la régle, le quarré de 24 $\frac{1}{4}$ étant 588 $\frac{1}{16}$, comme 25 eſt à 588 $\frac{1}{16}$, ainſi 1 pouce à 23 pouces $\frac{1}{2}$ à peu près, qui doivent être ajoûtés à 24 pieds 2 pouces pour faire la hauteur du réſervoir, qui ſera donc de 26 pieds 1 pouce $\frac{1}{2}$, comme l'expérience le fait voir.

La même hauteur de réſervoir avec un ajutage de 10 lignes a fait jaillir le jet à 23 pieds 9 pouces, & par un ajutage de 3 lignes il a jailli

à 22 pieds. Dans la première de ces expériences le défaut de la hauteur procéde de ce que l'ajutage étoit trop large pour une conduite de 3 pouces, & que l'eau y allant fort vîte avoit beaucoup de frottement; & dans la seconde c'étoit la petitesse du jet, qui aiant beaucoup d'air à traverser étoit considérablement retardé, & sa hauteur diminuée, comme il a été expliqué en la première & seconde considération.

L'eau du réservoir étant à 35 pieds de hauteur moins un demi pouce, par un ajutage de 6 lignes, le jet est allé à 31 pieds 8 ou 9 pouces: & par la régle, le quarré de 31 pieds $\frac{1}{2}$ étant 1002 à peu près, 25 est à 1002, comme 1 à 40 pouces à peu près, c'est-à-dire, 3 pieds 4 pouces, qui étant ajoûtés à 31 pieds 8 pouces, font 35 pieds: ainsi cette expérience est conforme à la régle.

Pour le même réservoir l'ajutage de 3 lignes a jailli à 28 pieds; celui de 4 lignes jusques à 30 pieds; & un de 15 lignes à 27 pieds seulement: par les mêmes raisons qui ont été dites; sçavoir qu'en cette dernière expérience la conduite du tuyau n'étoit pas assez large pour la grosseur du jet & pour la dépense de l'eau; & dans les deux premières, que la hauteur étant grande, l'air résistoit trop au petit jet de 3 & 4 lignes.

J'ai fait encore des expériences avec un réservoir de 50 pieds de hauteur, & les jets ont suivi les mêmes régles: l'ajutage de 6 ou 7 lignes faisoit les jets les plus hauts.

Lorsqu'il y a un large réservoir, comme d'un pied, au haut d'un tuyau de 50 ou 60 pieds de hauteur, & de 3 pouces de largeur; il arrive que lorsqu'on laisse aller un jet de 9 ou 10 lignes, il ne monte pas si haut qu'il devroit faire suivant cette hauteur de réservoir: car l'eau du réservoir ne peut pas venir assez vîte des côtez qui sont éloignés du trou, pour entrer dans le tuyau; & il s'y fait ordinairement une espéce d'entonnoir en tournoïant à cause de la trop grande dépense de l'eau qui se fait par l'ajutage joint au frottement dans le tuyau, comme il a été expliqué ci-devant. De-là il arrive un effet assez surprenant, qui est que lorsque le jet est allé d'abord à une hauteur comme de 45 pieds, il diminue, & ne va qu'à 44 pieds, & ensuite il remonte à 46, ou à 47; ce qui arrive dès que l'air peut entrer par l'ouverture du tambour: car alors, outre l'accélération de l'eau qui va plus vîte, la hauteur du jet se fait selon la hauteur de l'eau depuis le fond du tambour, & elle n'est plus retenue par l'eau supérieure; cette raison est confirmée par l'expérience suivante.

TAB. XVIII. Fig. 83. On fit faire un réservoir de 6 pieds de hauteur comme ABCD, & à un pied au-dessous plus haut on souda une platine en dedans, représentée par EF, percée d'une ouverture de 8 lignes de diamétre en G. On y versoit de l'eau jusques à ce qu'elle commençât à couler par l'ajutage D, & l'on fermoit cette ouverture achevant de remplir le réservoir. Pour avoir plûtôt fait, il faut faire un petit trou au-dessous de F comme

me en K, afin que l'eau entrant dans le réservoir par l'ouverture G, l'air puisse en sortir facilement, & le fermer ensuite quand le tuyau sera plein jusques à EF pour pouvoir achever de remplir le réservoir jusques en AB. Ce réservoir étant plein, on laissoit couler l'ouverture D, & le jet montoit au commencement comme jusques en I, & diminuoit peu à peu jusques à ce que l'eau fût au-dessous de la platine; alors l'eau s'élevoit jusques vers K.

La cause de cet effet est la même que celle du plus grand écoulement de l'eau, lorsqu'on met un tuyau étroit à l'ouverture d'un large réservoir: car alors l'eau coule par le cylindre d'eau GLMD, de même que si c'étoit un tuyau, le reste de l'eau n'aiant point de mouvement considérable à cause de la platine: mais lorsque l'eau est au-dessous de G, & que l'air commence à y passer, toute l'eau EFM est libre pour agir sur D, & il doit jaillir jusques près de F. L'effet sera encore plus merveilleux si le trou D est de 6 ou 7 lignes, & le trou G de 3 ou 4; car le jet n'ira pas d'abord plus haut qu'en N, & décroîtra comme jusques en O, & l'eau étant au-dessous de G, il remontera jusques près de F.

De même s'il y a un syphon, comme ABDC, qui fasse couler l'eau d'un seau EF dont la surface est IK, par BHDC, elle jaillira par un petit trou comme jusques en H; & si le syphon étoit moins long, le jet s'éléveroit moins haut depuis son ouverture en C: mais lorsqu'il n'y aura plus d'eau dans le seau au-dessus de A, le tuyau se vuidera depuis A jusques vers B, & lorsque le haut de l'eau sera en B, elle jaillira jusques en I si le syphon est de 5 ou 6 lignes de largeur, & l'ouverture C petite comme de deux lignes, parce qu'alors la vitesse se fait par la hauteur CB, & au commencement elle ne se faisoit que par la hauteur CK, & diminuoit toûjours jusques à ce que l'eau du seau fût au-dessous de A. TAB. XVIII. Fig. 84.

Il semble que c'est le poids de l'eau qui fait faire au jet l'élévation pour se réduire à l'équilibre, & que si l'on pressoit l'eau qui est proche de l'ajutage par un poids égal à celui de l'eau du tuyau, le jet iroit aussi haut. Voici une expérience que j'en ai faite pour le prouver:

ABC est un tuyau de verre d'un pouce & demi de largeur, & sa hauteur DA est d'un pied; l'ajutage ou l'ouverture C est de 2 lignes $\frac{1}{2}$: on verse du mercure par A jusques à ce que le fond EF en soit rempli: on met ensuite de l'eau doucement en l'espace CF; après, on ferme l'ouverture C avec le pouce, & l'on achéve de remplir de mercure le tuyau jusques en A. Lorsqu'on léve le pouces de dessus l'ouverture C, l'eau CF s'éléve jusques à 12 ou 13 pieds à peu près. La cause de cette grande élévation est la pesanteur spécifique du poids du mercure, qui est à celle de l'eau comme 14 à 1. Par conséquent un pied de mercure en D A pésera autant que 14 pieds d'eau, qui seroient dans un plus grand tuyau, & feront le même effort pour faire jaillir l'eau par C. Et TAB. XVIII. Fig. 85.

 par-

parce qu'un réservoir de 14 pieds fait jaillir l'eau à 13 pieds environ, un pied de mercure doit faire le même effet. Il n'importe pas que le tuyau soit large ou étroit, pourvû qu'il soit proportionné à l'ouverture C.

Il s'ensuivra de semblables effets par des poids posés sur une seringue, au lieu du poids de l'eau ou du vif argent.

TAB. XVIII. Fig. 86. Soit, par exemple, ABCD une seringue de 3 pouces de largeur, aiant à sa sortie une ouverture de 4 lignes en E, le piston est FG, qui a une platine HI au-dessous de son manche, auquel elle est attachée, afin que la seringue puisse se soûtenir droite, le piston étant dedans; il y a de l'eau depuis le haut du piston L jusqu'en E. MN, OP, sont deux bâtons attachés au corps de la seringue, d'où l'on suspend deux poids égaux Q & R avec deux cordes de part & d'autre de la seringue. Je dis que si ces deux poids pésent 20 livres, le jet jaillira par E aussi haut, que si un réservoir, qui auroit communication avec l'ouverture E, & dont le tuyau qui renfermeroit l'eau, seroit égal en grosseur au corps de la seringue ABCD, étoit assez haut pour contenir de l'eau pesant 20 livres. Or le tuyau étant large de 3 pouces, il aura 9 pouces de surface, dont chacun pése 6 onces & $\frac{1}{8}$; c'est donc 55 onces, ou 3 livres 7 onces sur chaque pied de hauteur; & si le réservoir étoit de 6 pieds, ce seroit 20 livres 10 onces: donc le jet iroit environ à 6 pieds, supposant que le frottement du piston ne fût que de la valeur de 10 onces: ainsi si les deux poids étoient de 40 livres, ils feroient jaillir l'eau à 12 pieds à peu près; & s'ils étoient de 100 livres, elle jailliroit comme si le tuyau étoit de 30 pieds de hauteur.

TAB. XVIII. Fig. 87. Mais si l'on fait un tambour de cuivre GKPH, dont la platine supérieure soit bien épaisse pour soûtenir un grand effort, & qu'on y mette un cylindre creux IL; le tambour étant rempli d'eau jusqu'à MN, qu'il y ait une ouverture O pour y seringuer de l'air par le moïen d'une soupape qui sera en dedans; aiant fermé le trou Z lorsque l'air sera condensé 4 fois, son effort sera égal à 4 fois 32 pieds d'eau; & si le tambour étoit d'un pied de diamétre, chaque pied d'eau de hauteur péseroit 55 livres; ce seroit donc 128 fois 55 livres, ou 7040 livres; il faudroit donc la force de 7040 livres pour condenser l'air 4 fois: mais si l'ouverture O étoit d'un quart de pouce, & la base HP d'un pied, la proportion seroit comme 1 à 2304, & la force de 4 livres feroit entrer de l'air jusques à 4 fois ce nombre, c'est-à-dire, jusques à porter le poids de 9216 livres; il porteroit donc autant de poids que celui de 128 pieds d'eau, & par conséquent lorsqu'on ouvriroit l'ouverture Z, le jet iroit à près de 100 pieds.

Que si le tambour étoit plus large, l'air qui seroit entre MN & GK, ne seroit pas plus difficile à condenser par l'ouverture O, comme il a été prouvé dans le *Traité de la Percussion*, & il ne laisseroit pas de faire le même effort pour jaillir jusques à 128 pieds de hauteur qu'un tuyau de toute la largeur plein d'eau.

J'ai fait encore l'expérience ſuivante: J'ai pris deux ſeringues inégales, l'une avoit 2 pouces $\frac{1}{4}$ de diamétre, & l'autre 3 $\frac{1}{4}$. Dans celle de 2 pouces $\frac{1}{4}$, cinq livres de poids faiſoient deſcendre le piſton à vuide; & aiant empli toute la ſeringue, & pouſſant le piſton avec une force qui valoit à peu près 12 livres, j'ai fait élever l'eau par un trou de 8 lignes à 4 pieds à peu près. Or un pied de hauteur du tuyau de la ſeringue vaut à peu près 32 onces ou 2 livres, & 4 pieds valent environ 8 livres. Si donc l'effort étoit de 13 livres, ôtant 5 livres pour le frottement du piſton, il reſtoit 8 livres pour le poids équivalant de l'eau d'un réſervoir de 4 pieds de haut un peu plus, & de 2 pouces & $\frac{1}{4}$ de diamétre; l'autre ſeringue donna les mêmes choſes à proportion.

Si l'on pouſſe le piſton A B K I dans ſon corps de pompe C D F E, qui ſoit retreſſi plus haut, comme on le voit en la figure I H, le grand frottement de l'eau le long du tuyau étroit, G I H, arrête conſidérablement la force de l'impulſion pour y faire paſſer l'eau contenue en A B E F; & elle y paſſeroit mieux ſi cette conduite n'alloit que juſques en I, & beaucoup mieux ſi la conduite étoit plus large que le corps de pompe où le piſton joue comme L M N O: ce qu'il faudra conſidérer quand on éléve de l'eau par des pompes à des grandes hauteurs. TAB. XVIII. Fig. 88.

Enfin on peut pouſſer un jet bien haut ſelon la méthode ſuivante: Aïez un vaiſſeau A B C cylindrique, de cuivre, rond par le haut, de deux pieds de hauteur & de 8 pouces de largeur, poſé & attaché ferme ſur un plan de bois ou de fer &c. Aïez à côté une ſeringue ou corps de pompe D E F avec ſon piſton N Q, & une ſoupape au bas, comme on fait ordinairement dans les pompes; & que le piſton en deſcendant avec la force d'un homme ou de deux, faſſe par compreſſion entrer l'eau dans le vaiſſeau par le tuyau G H garni de ſa ſoupape en H, comme il a été enſeigné au commencement de ce Traité. Mettez à côté du cylindre creux ou vaiſſeau un autre tuyau I L recourbé vers le haut, où il y ait un ajutage de 12 lignes à ſon extrémité L: ſi l'on ajuſte encore aux deux côtez du vaiſſeau deux autres pompes ſemblables à celle-ci, on y pourra faire entrer une très-grande quantité d'eau. Les piſtons pourront être attachés à des extrémitez de levier comme N pour avoir plus de force, étant attaché à l'appui en O. Lorſqu'on fera jouer les piſtons par le moïen des leviers, l'eau entrera dans le vaiſſeau A B C, & paſſera au commencement dans le tuyau I L avec une médiocre force; mais en continuant, on pouſſera tant d'eau, qu'elle ne pourra pas ſortir toute par l'ajutage L: alors elle s'élévera comme juſques en P, & condenſera l'air enfermé dans le haut du vaiſſeau; & ſi l'on pouſſe encore l'eau avec plus de force, elle montera plus haut, comme en R, condenſant l'air de plus en plus; & quand il le ſera 8 fois plus qu'à l'ordinaire, il preſſera l'eau R S H I pour la faire ſortir par I L, comme s'il y avoit 7 fois 32 pieds d'eau au-deſſus de H I, c'eſt-à- TAB. XIX. Fig. 89.

à-dire, 224 pieds; ce qui feroit un jet d'eau par l'ajutage L de plus de 120 pieds de hauteur. Mais il faut que les trois pompes puissent fournir assez d'eau; car l'ajutage L de 12 lignes en dépensera plus de 64 pouces.

TAB. XIX. Fig. 90 L'air se condensant à proportion des poids dont il est chargé, si l'on fait une machine AB composée d'un coffre EFGH plein d'eau jusques à la ligne IL un peu au-dessous de EF, & un tuyau MN, qui soit bien soudé en M & en O avec les deux platines EF, GH, qui sont le dessus & le dessous du coffre, afin que l'air n'y entre point; le coffre EG servira de réservoir. Il faut qu'il y ait encore un autre coffre égal au premier, comme CDTK, plein d'air, auquel le tuyau MN soit bien soudé. Lorsqu'on versera de l'eau par M, elle descendra par N jusques à KT: & étant montée jusques en PQ, l'air contenu dans l'espace QPCD, & dans le tuyau XY bien soudé aux deux coffres, ne pourra pas sortir par A, & se condensera peu à peu jusques à ce qu'il se fasse équilibre entre le poids de l'eau en MN, & le ressort de l'air enfermé. Par exemple, si l'eau s'est élevée jusques en RS, l'air contenu en l'espace CDSR, dans le tuyau XY, & dans l'espace EIFL, sera condensé par le poids de l'eau MS, & pressera l'eau IHGL: alors si l'on ouvre l'ajutage A, dont le tuyau descend près de HG vers V, l'eau jaillira de la hauteur AZ égale à la hauteur MS, parce que l'air pressé par la hauteur de l'eau MS, fait le même effort sur l'eau IG, que si le tuyau MS plein d'eau étoit au-dessus de l'eau IL, & l'eau qui tombera du jet passant par M, rentrera dans le coffre inférieur; & par ce moïen le jet durera jusques à ce que toute l'eau qui est depuis l'extrémité V du tuyau AV jusques à l'extrémité Y du tuyau XY, soit sortie en jaillissant. Cette machine porte le nom de *Heron*; il l'a décrite dans son Traité intitulé *de spiralibus*, suivant la traduction de *Commandin*.

On peut faire jaillir cette eau beaucoup plus haut en augmentant la hauteur du tuyau MN.

La beauté des jets d'eau consiste en leur uniformité & transparence au sortir de l'ajutage sans s'écarter que bien peu au plus haut du jet. On a cherché plusieurs manières pour faire les ajutages, dont il y en a qu'on doit préférer aux autres pour plusieurs raisons. Les plus mauvais sont ceux qui sont en cylindre: car ils arrêtent beaucoup la hauteur du jet; les coniques l'arrêtent moins. Mais la meilleure manière c'est de percer la platine horisontale qui ferme l'extrémité du tuyau de la conduite, d'une ouverture lice & polie; prenant garde que la platine soit parfaitement plane, polie & uniforme. Voici quelques expériences que j'en ai faites. Aiant un tuyau de fer blanc ABC de 15

TAB. XIX. Fig. 91 pieds de hauteur, & l'aiant percé en D d'un trou de 3 lignes; le jet étoit parfaitement beau, & alloit à 14 pieds: mais le tuyau aiant été fait plus haut jusques à 27 pieds, & y aiant fait une ouverture de 6 lignes;

gnes; le jet n'alla qu'à 12 pieds en s'écartant beaucoup, & se séparant en plusieurs goutes; ce qui procédoit de ce que l'eau qui entretenoit le jet, étoit poussée de travers avec force, comme on le voit en la figure 92e. qui représente une portion du tuyau B C. Car l'eau E D & F D qui vient par les côtez, a une grande vitesse de travers, qui la porte en D L & en D M; & G D est portée en DN, & H D en D O; ce qui écarte le jet, parce que le peu d'eau qui vient directement de P en D, ne suffit pas pour redresser le jet. TAB. XIX. Fig. 92.

Pour éviter ce défaut je fis mettre en D un ajutage d'un pouce de longueur, & d'un pouce de largeur, comme on voit dans la figure 93e, où B C D représente la partie B C D de la 91e. figure: on perça d'une ouverture de 6 lignes le petit tuyau montant D Q en Q; alors le jet fut plus beau, & s'éleva à 3 ou 4 pieds plus haut. TAB. XIX. Fig. 93.

Je fis faire ensuite l'extrémité de la conduite selon la figure courbe I L M N O P dans la 94e. figure; & dans la platine Q P, je fis mettre un ajutage semblable à la figure 95e; il étoit un peu en cône; mais il y avoit une platine intérieure représentée par E Q, qui laissoit une ouverture d'un pouce au milieu; & la platine supérieure A I B étoit percée en I au milieu d'une ouverture de 6 lignes; ce qui étoit fait afin qu'il n'y eût point de frottement qu'au bord de la platine E Q en dedans, car il n'y en pouvoit avoir que très-peu en E A & B Q. Mais cela réussit très-mal: car le jet alla moins haut, & s'écarta plus qu'il n'avoit fait par un simple ajutage en cône; ce qui pouvoit venir des mouvemens différens de l'eau, qui aiant passé par Q E choquoit avec violence la platine A B à côté de son ouverture, & se réfléchissant elle empêchoit le reste de l'eau de sortir droit. Enfin je fis mettre une platine bien polie en P Q dans la 94e. figure percée d'une ouverture de 6 lignes bien ronde & polie: alors le jet fut très-beau, & s'éleva à 32 pieds, le réservoir étant à 35 pieds 5 pouces, au lieu que les autres jets ne s'élevoient qu'à 27 ou 28 pieds; ce qui arrive parce que l'eau prend la direction de son mouvement depuis R, & qu'il en vient peu latéralement des côtez Y & Z, qui ne laissent pas de contribuer à la direction du jet, la platine étant très-polie, & tout étant égal de part & d'autre, & arrêtant également le mouvement latéral l'une de l'autre. Or le jet par cet ajutage s'élevoit jusques à 22 pieds sans se séparer sinon en retombant, & s'arrêtoit fort peu au haut quand il alloit à 32 pieds, & beaucoup moins que par les autres ajutages. J'ai vû une platine percée d'un trou de 4 lignes & de 6 ou 7 petits alentour, qui faisoient une espéce de gerbe dont tous les jets étoient très-beaux & transparens, & celui du milieu s'élevoit à 18 pieds. TAB. XIX. Fig. 94. TAB. XIX. Fig. 95.

Les jets s'élargissent nécessairement à mesure qu'ils s'élévent, dont la raison est, qu'ils diminuent peu à peu de vitesse, & parce que c'est la même eau qui par sa viscosité se tient unie sans se séparer, il faut qu'elle occupe plus de place à l'endroit où elle va moins vîte selon la proportion de la vitesse à la vitesse.

Par

Par la même raiſon l'eau qui s'écoule par un trou de 5 ou 6 lignes, lorſqu'elle n'eſt dans le réſervoir qu'à la hauteur de 3 ou 4 pouces, va toûjours en s'étréciſſant juſques à ſe réduire en goutes quand le filet d'eau eſt devenu trop petit: car il ne doit y avoir qu'une même quantité d'eau dans tous les eſpaces qu'elle parcourt en tombant, leſquels en des tems égaux ſont entr'eux comme les nombres impairs de ſuite; d'où l'on voit que le filet de l'eau deviendroit à la fin plus délié qu'un cheveu: mais avant que d'en venir juſqu'à ce point, elle ſe ſépare & ſe diviſe en goutes, qui accélérent toûjours leur mouvement juſques à ce qu'elles aient acquis leur plus grande viteſſe.

Il ne faut pas régler la dépenſe de l'eau par la hauteur des jets, mais par la viteſſe de ſa ſortie par l'ajutage. Or dans les ajutages d'une ligne, les jets ne vont pas ſi haut à la même hauteur de réſervoir que ceux de 5 ou 6 lignes, & cependant ils donnent de l'eau ſenſiblement dans la proportion de leurs ouvertures, comme l'on a vû. Pour connoître les cauſes de ces effets differens, il faut conſidérer, que les petits globes ſont aux grands en raiſon triplée de leurs diamétres: mais ils ſont retardés dans leur mouvement par l'air ſelon les ſurfaces de leurs grands cercles, & ils forcent cette réſiſtance de l'air ſelon les differences de leurs poids, comme il a été expliqué ci-devant. D'où il arrive que ſi l'on tire un mouſquet chargé de balles & de menues dragées de plomb, les balles iront bien plus loin que les menues dragées, quoiqu'elles ſortent du mouſquet avec les mêmes viteſſes comme nous l'avons expliqué. La même choſe ſe doit entendre des petits ajutages & des grands, qui ont une même hauteur de réſervoir: car quoiqu'à la ſortie des ajutages ils aillent à fort peu près auſſi vîte l'un que l'autre, lorſqu'ils paſſent beaucoup d'air, les petits jets ſont retardés depuis leur ſortie juſques à leur plus grande hauteur beaucoup plus à proportion que les gros jets: & par conſéquent les gros iront beaucoup plus haut que les petits; mais ils ne donneront pas plus d'eau à proportion, ou du moins guéres plus, puiſqu'elle ne doit s'eſtimer que par la viteſſe qu'ont les jets à leur première ſortie de l'ajutage, qui eſt à fort peu près égale dans les petits ajutages & dans les grands.

Lorſqu'on a un jet d'eau entretenu par une quantité ſuffiſante d'eau, & qu'on perce le tuyau de la conduite par une ouverture égale à celle de l'ajutage pour ſe ſervir de l'eau qui en ſort, on trouvera la diminution du premier jet en cette ſorte:

TAB. XIX. Fig. 96

Soit ABCD un réſervoir à 13 pieds de hauteur par-deſſus l'ajutage H de 6 lignes d'ouverture; le jet doit être d'environ 12 pieds $\frac{1}{2}$, ſi la conduite eſt de 3 pouces de largeur. On fait un trou en I de 6 lignes, d'où ſort l'eau IL; le jet HM dépenſe 4 pouces d'eau par les régles qui ont été données; & parce qu'il en doit ſortir autant à fort peu près par le trou I, la conduite eſt trop étroite pour donner la même hauteur à deux jets égaux à HM; c'eſt pourquoi auſſi-tôt qu'on laiſſera cou-

couler l'eau IL, le jet HM diminuera un peu: & à cause que les deux trous H & I donnent 8 pouces à peu près, & que l'eau NO, qui fournit l'eau au réservoir, n'est que de 4 pouces par supposition; le réservoir se vuidera peu à peu s'il est bien spacieux, & fort vîte s'il ne contient qu'un demi muid ou 100 pintes. Il faut donc que l'eau descende dans le tuyau jusques à ce que le jet HM ne donne que 2 pouces: car alors le trou I donnant aussi 2 pouces, toute l'eau NO sera emploïée. Or 13 pieds est à sa moitié $6\frac{1}{2}$, comme $6\frac{1}{2}$ à $3\frac{1}{4}$. Donc la hauteur de l'eau étant PQ de 3 pieds $\frac{1}{4}$ au-dessus de H, le jet ne pourra être que 3 pieds 2 pouces quelques lignes selon les régles ci-dessus: & par conséquent on verra décroître le jet HM jusques à ce qu'il n'ait plus que 3 pieds 2 pouces quelques lignes, & l'eau NO entretiendra la hauteur de l'eau à la hauteur QP.

Que si l'on referme le trou I, le jet par H commencera à croître jusques à ce qu'il aille en HM, & à même tems l'eau de la conduite s'élévera au-dessus de P jusques à ce qu'elle soit dans le réservoir AH à sa première hauteur. On se réglera de même dans les autres cas semblables.

Si les hauteurs des réservoirs étoient extrêmement grandes, les jets se dissiperoient par la rencontre & par le choc violent de l'air, & au lieu d'aller plus haut que les jets de quelques réservoirs moins hauts, ils iroient beaucoup moins haut.

J'en ai fait les expériences suivantes:

On mit dans une arbalête un petit tuyau d'un pouce de largeur & de 8 pouces de longueur, attaché fortement dans la coche de la corde de l'arbalête; & l'aiant bandée, on la leva perpendiculairement, & on emplit d'eau le petit tuyau: l'eau étant poussée par la force de l'arbalête sortit, & rencontrant l'air avec violence s'écarta beaucoup: ceux qui étoient à côté ne virent pas monter le jet; mais ils virent tomber plusieurs petites goutes à plus de 20 pieds à la ronde de celui qui tenoit l'arbalête, lequel assûra avoir vû monter l'eau jusques à 30 pieds environ: or cette vitesse convenoit à un réservoir de plus de 600 pieds, & le jet devoit être de 300 pieds selon les régles.

AUTRE EXPÉRIENCE.

J'Ai fait charger plusieurs fois un pistolet de 4 pouces de hauteur d'eau au lieu de balle, & tirant cette eau de 20 pieds contre une porte en élevant le pistolet selon un angle de 45 degrez à peu près pour empêcher l'eau de tomber, il n'y en alla pas une goute. Je le fis tirer une seconde fois de 10 pieds, & il arriva la même chose; & quand celui qui avoit tiré s'avançoit, & levoit le visage en haut, il sentoit tomber de petites goutes. Enfin on le tira de 7 pieds contre un papier mis au haut d'une porte; alors le papier fut tout mouillé, & l'on trou-

va que l'eau s'étoit écartée jusques à 2 pieds de diamétre: & l'aiant tiré encore une autre fois de 8 pieds de distance, le papier ne fut pas mouillé. Si l'on calcule cette eau comme un cylindre de 5 lignes de largeur & de 4 pouces de hauteur, & qu'on divise le produit par une surface de 2 pieds de largeur, on trouvera que son épaisseur ne sera qu'environ $\frac{1}{75}$ de ligne; car le solide du quarré de 5 par 48 est 1200, & le solide du quarré de 288 lignes par $\frac{1}{75}$ est un peu moindre que 1200 lignes cubiques, & le cylindre étroit est de 943 lignes cubiques, & celui de deux pieds de diamétre pour sa base est de 931: il arrive donc que l'eau étant réduite encore à une plus petite épaisseur comme quand on la tire de 10 pieds de distance, elle se sépare en petites goutes, dont quelques-unes s'élévent en vapeurs, & les autres retombent; mais elles sont imperceptibles.

On voit le même effet quand une bouteille de savon se rompe; car les particules de son eau, qui sont trop menues, s'élévent en vapeurs visibles, & le reste tombe. Un filet d'eau par un trou d'une demi ligne au-dessous de 100 pieds de hauteur, rencontrant la main en jaillissant de travers, se mettoit aussi en vapeurs.

On pourroit objecter que si l'on tiroit de l'eau dans un canon, qui eût un pied de calibre, l'eau iroit plus loin que 10 pieds; on en demeure d'accord: mais elle n'ira pas à 100 pieds, comme on peut le prouver, & l'expérimenter.

Or cette vitesse est si grande qu'aucun réservoir accessible n'en peut donner une pareille. Car puisque la première vitesse de l'eau qui en sortiroit, feroit 1000 pieds en une seconde, comme fait le son; supposons que le réservoir soit à 10000 pieds de hauteur, & que la vitesse d'un globe d'eau d'un pied fasse en tombant 13 pieds en une seconde, elle fera 26 pieds horisontalement: le produit de 13 par 10000 est 130000, dont la racine quarrée est environ 360: comme 13 à 360, ainsi une seconde à 28 à peu près. Si l'on suppose donc qu'un globe d'eau d'un pied accélére selon les nombres impairs de suite; ce qu'il ne fait pourtant que jusques à une médiocre distance; il tombera de 10000 pieds en 28 secondes, & fera 20000 pieds horisontalement par une vitesse uniforme égale à la vitesse acquise en 28 secondes, & en une seconde environ 714 pieds, qui est une vitesse moindre que la vitesse produite par la poudre à canon dans le canon. Mais comme il n'y a point de lieu accessible de 10000 pieds de hauteur, on ne peut voir l'effet de ces jets d'eau; outre que cette hauteur de 10000 pieds donneroit par 1 pied d'ouverture 64512 pouces à peu près, qui feroient une rivière trop considérable pour être sur une si grande hauteur.

Il faut donc croire que les plus grands jets ne doivent pas aller à 300 pieds: car le réservoir étant à 600 pieds, il faudroit qu'il fût d'environ 6 pouces de diamétre, & la conduite devroit être de 20 pouces de largeur, & il donneroit 16128 pouces, qui est encore une trop grande quan-

quantité d'eau ; & ainsi il faut se réduire à 100 pieds de hauteur, & à 12 ou 15 lignes d'ajutage : car, quand même il iroit à 150 pieds, il ne paroîtroit guéres plus haut à la vûë quand on en seroit à 20 pieds de distance.

SECOND DISCOURS,

De la hauteur des Jets obliques, & de leurs amplitudes.

LEs jets qui jaillissent horisontalement, ou obliquement comme dans la figure suivante, décrivent une ligne courbe, qui est une parabole, ou une demi-parabole, dont *Torricelli* a donné la démonstration après *Galilée* : mais il faut faire abstraction de la résistance de l'air. Toutefois, si les jets sont foibles, la ligne courbe sera sensiblement parabolique, à cause que l'air résiste à une petite vitesse, & que l'accélération de vitesse de la goute qui tombe, ou la diminution de celle qui jaillit, se fait sensiblement selon les nombres impairs. Et même dans les vitesses médiocres des jets, leur courbure approche fort de la parabole ; parce que si d'un côté la direction horisontale est retardée peu à peu, & ne va pas d'un mouvement uniforme, aussi l'accélération ne va pas à la fin de la chûte selon les nombres impairs, mais elle retarde par la résistance de l'air, comme on l'a expliqué ci-devant ; & ainsi l'un des défauts recompense l'autre, comme on le voit en la figure 97e, où la véritable parabole est ABC, si en 3 petits intervalles de tems égaux le mobile parcourt horisontalement les 3 espaces égaux AE, EG, GD, & qu'il parcourre en descendant AI au premier tems ; IM, qui contient trois fois AI au second tems ; & au troisiéme MN, qui contient 5 fois AI. Mais si le choc de l'air fait que le mobile n'aille qu'en H au lieu d'aller en D, en ces trois tems aussi le choc de l'air l'empêchera de descendre dans les tems jusques en N, & il n'ira qu'environ en K : & tirant la parallele KL, qui coupera HF en L un peu au-dedans de la courbe ABC ; la ligne courbe AOL, qui sera décrite par ce mouvement retardé en proportion (ce qui n'est pourtant pas vrai dans la rigueur) sera une autre parabole intérieure à la premiére ABC. De cette propriété des corps qui sont mûs dans l'air, nous déduisons les problêmes suivans.

TAB. XIX. Fig. 97.

PROBLÊME.

ETant donnée la hauteur médiocre d'un réservoir, & le jet étant oblique, trouver où il touchera le plan horisontal.

TAB. XIX. Fig. 98. Soit AB le tuyau du réservoir; C l'ajutage; CD une ligne parallele à AB; DEC un demi cercle, dont H est le centre. *Galilée & Torricelli* ont démontré, que si la direction du jet au sortir de l'ajutage est par la ligne CE, qui fasse l'angle DCE avec la perpendiculaire DC de 45 degrez, aiant continué HE perpendiculaire à DC jusques en F, en sorte que EF soit égale au demi-diamétre du cercle HE; le point F sera le sommet de la parabole CFG décrite par le jet, comme on le voit en la figure; CE sera la tangente de cette parabole au point C; & CG l'amplitude de la parabole double de HF ou CD.

Que si l'on donne une autre direction au jet, comme CL, il faut abaisser la perpendiculaire LM sur CD; & MLN étant double de ML, le point N sera le sommet de la parabole que décrira ce jet, dont CR sera l'amplitude égale à deux fois MN; & de même à l'égard de toutes les autres directions. D'où il suit, que si l'angle LCE est égal à l'angle ECO, le jet par la direction CO ira aussi loin que le jet par la direction CL; & QOP étant égale & parallele à MLN, P sera le sommet de la parabole de ce jet; & qu'elles se rencontreront toutes deux dans la ligne horisontale CG au point R, puisque leur amplitude CR, quadruple de ML ou double de MN, sera commune à toutes deux.

Les jets des bombes pleines de poudre suivent les mêmes régles. D'où il s'ensuit, que si l'on a trouvé par expérience qu'une bombe, dont la direction est élevée de 45 degrez, va jusques à 500 toises de longueur; elle ira perpendiculairement jusques à 250 toises: car si CG est 500 toises, & que la bombe ait décrit la parabole CFG; elle ne s'élévera qu'à la hauteur CD, laquelle est le diamétre du demi cercle, qui par conséquent sera 250 toises, moitié de l'amplitude CG de la parabole CFG. Mais il faut considérer que la résistance de l'air change un peu ces mesures: car s'il y a plus d'air à passer par CFG que par CD, la bombe ira un peu plus près du point D à proportion que du point G; & par la même raison, si la direction de la bombe étoit CL, & qu'elle tombât au point R, elle iroit un peu plus loin par la direction CO, parce qu'il y a plus d'air à passer dans la parabole CNR que dans la parabole CPR. Voici les expériences que j'en ai faites avec de l'eau, qui doit être plus retardée par l'air, qu'une balle de fer, ou qu'une bombe.

Dans la figure précédente supposons ABC un tuyau de 6 pieds de hauteur depuis la surface de l'eau à la hauteur de D dans le réservoir jusqu'à l'ajutage C; la direction du jet CFG étoit de 45 degrez sur l'horison; & par ce que l'on vient de dire, CG qui étoit l'amplitude de la parabole, devoit être de 10 pieds: mais le jet s'écartoit vers la fin, & celui qui approchoit le plus près de 10 pieds, étoit de 9 pieds 10 pouces; & par conséquent ce jet ne manquoit que de $\frac{1}{60}$, c'est-à-dire, deux sur 120. Mais aiant fait des expériences sur de plus grandes hauteurs, le

le jet diminuoit plus de son amplitude à proportion par la plus grande résistance de l'air, & cette diminution se doit faire à proportion de celle des hauteurs des jets: & ainsi il faudra prendre le double de la hauteur perpendiculaire des jets pour sçavoir l'amplitude du jet parabolique à l'élévation de 45 degrez.

Les jets de vif-argent font de même, mais leur extrémité s'écarte plus qu'aux jets d'eau, dont la cause est que le mercure supérieur B F glisse sur l'inférieur C E D par sa rencontre, & au contraire le mercure qui est vers E, descend par sa pesanteur, & par le choc de celui qui est plus haut: c'est ce qui fait que les goutes de vif-argent sont fort séparées les unes des autres entre D & F, & de haut en bas; mais elles ne s'écartent point en largeur. Et si l'on met l'œil dans le plan de la direction du jet, il ne paroîtra que comme un filet de la même largeur par-tout, laquelle il a à la sortie de l'ajutage, parce que ne s'écartant point à la sortie, les goutes les plus proches de l'œil couvrent toutes les autres qui sont au-dessous dans toute l'étenduë du jet. TAB. XIX. Fig. 99.

Pour prouver par expérience que les matières les plus pesantes font leurs paraboles plus grandes, j'ai suspendu une balle d'acier à un fil de 42 pouces ou 3 pieds ½ de longueur, & l'aiant élevée par un arc de 50 degrez, je la laissai aller; elle revint, après être montée de l'autre côté, à 49 degrez 45 minutes: l'arc des 15 minutes qui manquoient, étoit de la largeur de 6 lignes, & par conséquent il ne perdoit qu'une ligne & demi à peu près en tombant jusques au point de repos. Je mis ensuite une boulette de cire de même grosseur chargée d'un petit poids, en sorte que sa pesanteur spécifique étoit comme celle de l'eau; & l'aiant élevée à 50 degrez, elle revint à 4 pouces près au 2e battement; elle perdoit donc 8 fois autant par la résistance de l'air, que celle d'acier; ce qui est à peu près selon les proportions de la pesanteur spécifique de l'eau à l'acier.

Lorsqu'en un tuyau les ouvertures sont plus hautes les unes que les autres, & que les jets sont horisontaux, on peut sçavoir la longueur des jets sur un plan horisontal par les mêmes régles en cette manière:

Soit A B C D un vaisseau cylindrique, ou d'une autre forme, percé en F & en G, l'eau étant toujours entretenue à la hauteur de A B; H I est un plan horisontal; & l'on veut sçavoir où les jets F & G tomberont sur le plan H I. On suppose que le côté du tuyau B F G H, où sont percés les trous F & G, est à plomb: sur la ligne B H pour diamétre aiant décrit le demi cercle B L K H, soient menées les perpendiculaires F L & G K à la ligne B H jusques au demi cercle en L & K; & aiant fait H I double de G K, & H M double de F L, les jets décriront les demi paraboles G I & F M, comme il a été dit ci-devant. D'où il s'enfuit, que si N est le centre du demi cercle, le jet qui jaillira par N, ira le plus loin de tous, puisque la ligne N O qui est le demi diamétre, est la plus grande de toutes les ordonnées comme G K, F L. Et si l'on TAB. XX. Fig. 100.

l'on prend des hauteurs égales au-dessus & au-dessous de N, les jets tomberont au même point sur la ligne horisontale HI.

Si l'on veut sçavoir, dans un vaisseau ou dans un réservoir ABCD, à quelle hauteur y est l'eau, il y faut percer un trou en quelque endroit comme en G, & aiant marqué quelque point I où passe le jet, soit tirée la ligne IH de niveau par le point I, & par le point G la ligne GH perpendiculaire à IH. Aiant coupé HI en deux également, dont l'une des moitiez soit GK, soit trouvée la ligne GB troisiéme proportionnelle continue après GH & GK; cette ligne GB est la hauteur de l'eau dans le réservoir au-dessus de l'ouverture G: ce qui n'est que la converse de la précédente proposition, comme il est aisé de voir, si l'on suppose que la hauteur du réservoir soit HB au-dessus du plan horisontal HI, & l'ouverture du jet soit en G; car selon les élémens de Géométrie, à cause du demi cercle, les trois lignes GH, GK, & GB, sont en proportion continue; ce qui convient à ce que *Galilée* a démontré dans sa 5e. proportion du mouvement des corps poussés & jettés, où il dit que les moitiez des amplitudes des paraboles des jets sont moïennes proportionnelles entre la hauteur de la demi parabole, & la hauteur de la liqueur depuis l'ouverture du jet.

CINQUIÈME PARTIE.

DE LA

CONDUITE DES EAUX,

ET DE LA

RÉSISTANCE DES TUYAUX.

PREMIER DISCOURS,

Des Tuyaux de conduite.

TAB. XX. Fig. 101.



LOrsque la conduite de l'eau qui fournit les jets, passe par un long tuyau fort étroit, la vitesse de l'eau y est arrêtée par le frottement; ce dont on a fait l'expérience en cette sorte:

ABCD est un tuyau de 6 pouces de diamétre & de 6 pieds de hauteur; le tuyau CE a 3 pouces de largeur, & le tuyau GF un pouce. On avoit fait aux

points H, I, L, trois ouvertures ; celle qui étoit en H avoit 2 lignes; celle en I 4 lignes; & la dernière en L en avoit 8. Dans l'autre branche F G les ouvertures K, N, M, étoient disposées de même selon la grosseur des ouvertures à l'égard de la proximité du tuyau ABCD. Le tuyau AD étant plein, on laissoit aller successivement les 3 ouvertures H, I, L: les autres demeurant toûjours fermées, le jet par L s'élevoit le plus haut; celui par I ensuite; & celui par H jaillissoit le moins haut des trois. De l'autre côté, la grande ouverture M jaillissoit le moins haut, celle en N un peu plus haut, & la petite K le plus haut des trois. La raison de ces effets ne sera pas difficile à connoître, si l'on considére, qu'il sort beaucoup d'eau par les ouvertures L & M, & que pour l'entretenir il faut que l'eau aille beaucoup plus vîte par le tuyau étroit que par le large; ce qui y cause un frottement considérable, qui retarde la vitesse de l'eau, & l'empêche de couler assez vîte pour fournir l'ajutage. Mais dans les ouvertures H & K, comme la vitesse par les tuyaux est 16 fois moindre que quand l'eau sort par L & M, le frottement dans le tuyau étroit est peu considérable, & ne retarde pas sensiblement le jet K plus que le jet H, & ils montent à peu près aussi-haut l'un que l'autre: il s'ensuit aussi que si l'on diminue les deux trous I & N, par exemple, chacun d'une ligne, alors le jet par I montera moins haut qu'il ne faisoit, & celui par N plus haut; parce qu'il y aura moins de frottement dans le canal F G qui surpasse le défaut de la résistance de l'air, & dans le canal C E cette diminution de frottement ne sera pas considérable, mais la résistance de l'air le sera un peu plus qu'au jet de 4 lignes: c'est ce qui a trompé plusieurs personnes qui ont fait leurs expériences dans des tuyaux étroits, comme F G, & ils ont conclu, aussi-bien que la plûpart des Fonteniers, que l'eau alloit plus haut par des ajutages étroits, que par des larges; ce qui est contre la raison & l'expérience, sinon quand la conduite est trop étroite.

Il arrive la même chose quand les ajutages sont longs de 6 à 7 pouces, ou même de 2 à 3: car le jet sera plus haut par une simple ouverture dans la platine qui sera d'une ligne, ou d'une demi ligne d'épaisseur. L'on en fera l'expérience facilement, si l'on a un tuyau de 6 ou 7 pouces de largeur ABCD, & que dans le tuyau E F suffisamment large on ait fait des ouvertures égales en G & en H; la première aiant un ajutage G I, & l'autre n'aiant que l'épaisseur du métail: car l'on verra que le jet par H ira beaucoup plus haut que par G I, & que plus on diminuera la hauteur de G I, plus son jet approchera de celui par H. D'où il suit que les ajutages longs que l'on met ordinairement à la gueule des dauphins dans les fontaines, sont fort défectueux, & quand même l'ajutage feroit un peu en cône, le jet ne laisse pas d'en être retardé. En voici une expérience: un tuyau de verre d'un pied de hauteur & d'un pouce de largeur, aiant son ouverture de deux lignes & demi, n'a sauté qu'à 10 pouces & ½ quand il y avoit un petit cône; mais

TAB. XX. Fig. 102.

l'aiant

l'aiant fait sans cône, il a sauté jusques à 11 pouces & ½.

Pour régler la largeur des tuyaux de conduite des eaux selon la hauteur des reservoirs & la grandeur des ajutages, j'ai fait les observations suivantes:

Il y a à *Chantilly* une conduite de tuyau faite avec des piéces de bois de chêne percées; les ouvertures sont de 5 pouces de diamétre. La hauteur de l'eau du reservoir est à 18 pieds; & la conduite en pente jusques à un canal horisontale est de près de 104 toises. Le canal aiant été mis à sec, on perça un des corps par le dessus, & on y mit un ajutage de 10 lignes; l'eau étant retenue par en-bas, le jet alla jusques à 15 pieds: ainsi il y avoit quelque petit empêchement dans la longue conduite & dans l'ajutage; car suivant les régles il devoit jaillir jusques à 17 pieds à peu près. On mit un autre ajutage à 80 toises plus bas dans la même conduite qu'on fit jaillir tout seul, & il n'alla qu'à 14 pieds à peu près; ce que l'on peut attribuer au défaut de l'ajutage qui étoit plus mal fait que l'autre. On laissa aller ensuite les deux ajutages ensemble, & le jet d'en-haut n'alla qu'à 12 pieds, & l'autre qu'à 11; ce qui fit connoître qu'une conduite de 5 pouces de largeur n'est pas suffisante pour un ajutage de 14 ou 15 lignes à cette hauteur de reservoir, ou pour deux de 10 lignes chacun. On referma les trous, & on laissa jaillir le jet ordinaire, qui est à côté du canal & élevé de 2 ou 3 pieds plus haut à la même distance du reservoir que le dernier trou; le reservoir n'avoit que 16 pieds de hauteur à peu près au-dessus de l'ajutage, qui étoit en cône, & de 12 lignes de diamétre; il jaillissoit d'environ 14 pieds, au lieu de 15 pieds un peu plus selon les régles; ce qui provenoit sans doute de l'ajutage fait en cône, comme il a été démontré.

J'ai fait d'autres expériences avec le même tuyau de 50 pieds, dont il a été parlé avec son tambour au-dessus, qui avoit un pied. On y attacha en-bas une conduite horisontale de même largeur de 3 pouces, & de 40 pieds de longueur, & l'on mit à l'extrémité un ajutage de 6 lignes, & le jet jaillit aussi-haut que quand il n'étoit qu'à un pied du tuyau montant: le jet fit aussi les mêmes effets, à sçavoir qu'après avoir jailli d'abord à une certaine hauteur, il diminua peu à peu d'environ un pied, & l'eau étant arrivée au bas du tambour, le jet s'éleva de nouveau, & alla un peu plus haut qu'au commencement: & ainsi une conduite horisontale de 40 pieds de longueur, & de 3 pouces de largeur, ne diminua point un jet de 6 lignes d'ajutage.

On a trouvé aussi par expérience qu'un ajutage de 7 lignes n'a point jailli moins haut que celui de 6 lignes à 35 pieds de reservoir avec une conduite de 3 pouces, & ainsi que le tuyau de 3 pouces pouvoit avoir 52 pieds de hauteur pour un ajutage de 6 lignes. On peut donc prendre pour fondement, qu'un reservoir de 52 pieds doit avoir un tuyau de conduite de 3 pouces de diamétre quand l'ajutage est de 6 lignes, &

que

que le jet montera à toute la hauteur qu'il doit avoir.

Pour comparer la largeur de cette conduite à celle que doivent avoir les réservoirs, & les largeurs des ajutages, on fera cette régle de proportion :

Comme le nombre des pouces que donnent les jets, est
au nombre des pouces d'un autre jet ;
ainsi le quarré du diamétre de la conduite du premier, est
au quarré du diamétre du tuyau de conduite de l'autre.

Cette régle est fondée sur ce qu'il faut que la vitesse de l'eau coulante soit égale dans les deux conduites, afin qu'il n'y ait pas plus de frottement en l'une qu'en l'autre. Or si le nombre des pouces est quadruple, il faut que la surface du diamétre de la conduite soit quatre fois plus grande, afin que la vitesse dans les tuyaux soit égale.

Suivant cette régle, si l'on veut sçavoir quelle largeur de conduite il faut donner pour avoir un jet de 100 pieds par 12 lignes d'ajutage, il faut prendre 52 pieds de hauteur, qui par un ajutage de 6 lignes aiant le tuyau de conduite de 3 pouces de diamétre, donne 8 pouces : & parceque, suivant la table des hauteurs des jets, le réservoir de 100 pieds de jet doit être à 133 pieds $\frac{1}{3}$; on dira que comme 52 est à 133, ainsi 64 quarré de 8 est à 170 : & la racine quarrée de 170 étant 13 à peu près, l'on voit que le réservoir de 133 pieds par 6 lignes donnera 13 pouces, & par 12 lignes d'ajutage 52 pouces d'eau : donc comme 8 à 52, ainsi 9 quarré de 3, qui est le diamétre de la conduite, doit être à 58 $\frac{1}{2}$ dont la racine quarrée est 7 $\frac{2}{3}$ à peu près, qui sera le diamétre de la conduite que l'on cherche ; mais pour plus grande sûreté on peut lui donner 8 pouces.

Lorsque les ajutages sont inégaux, & les hauteurs des réservoirs égales, il n'y a qu'à faire les diamétres des conduites en même raison entr'elles, que les diamétres des ajutages : car alors les frottemens seront égaux, & l'eau ira plus vîte dans l'un des tuyaux qu'en l'autre. En voici un exemple :

Un tuyau de 13 pieds de hauteur donne 1 pouce par 3 lignes : donc par 6 lignes il donnera 4 pouces ; & par conséquent si la conduite demeure de même largeur, l'eau ira 4 fois plus vîte, & auroit quatre fois autant de frottement : il faut donc pour la faire aller aussi vîte, que le quarré du diamétre de sa conduite soit quatre fois plus grand ; & pour lors la racine de ce quarré sera à la racine de l'autre comme 6 à 3.

Il arrive un effet assez surprenant dans la conduite de quelques tuyaux de *Chantilly*. Ces tuyaux, qui sont de bois, poussés & mis l'un dans l'autre, passant par un petit étang, & ensuite par un long canal ; d'où il arrive que si l'on ferme tout à coup l'entrée du réservoir, & que l'eau ne coule plus dans le tuyau de conduite, ce jet de 14 pieds ne cesse pas tout-à-fait, mais il continue à jaillir à plus de deux pieds sans discontinuation. Supposant que l'entrée du réservoir fût bien fermée, l'on pourroit attribuer cet effet à ce que, l'eau s'écoulant avec grande vitesse,

tesse, le poids de celle de l'étang & du canal fait un peu entr'ouvrir les corps des tuyaux qui entrent l'un dans l'autre, & il se fait une petite aspiration d'eau, de même qu'il se fait une expiration d'air assez sensible quand ce tuyau de conduite étant vuide, on y fait entrer tout à coup l'eau du réservoir: car alors l'air étant pressé force les tuyaux, & fait un peu de jour entre ceux qui sont emboités l'un dans l'autre. Or l'aspiration qui se fait d'un peu d'eau de l'étang & du canal, est assez grande pour fournir ce jet de 2 pieds.

Il arrive encore au même jet un autre effet extraordinaire, qui est, que si l'on met la main sur l'ajutage, & qu'on l'y tienne pendant 10 ou 12 secondes, l'eau ne jaillit point d'abord qu'on ôte la main, & commence peu à peu à s'élever à 3 pouces, puis à 1 pied, & enfin à 2 successivement dans un tems considérable. J'ai vû le même effet dans une eau qui couloit horisontalement par un tuyau de cuivre: car l'aiant fermé avec la main dans la pensée que cette eau étant retenue un peu de tems, elle feroit un plus grand effort, & jailliroit plus loin, je fus surpris qu'il ne coula pas presque d'eau d'abord; mais enfin peu à peu elle reprit sa force ordinaire. Voici comme j'explique cet effet:

Dans le canal de *Chantilly*, qui a une pente très-petite jusques à 80 toises du jet, l'eau y couleroit très-lentement si elle n'étoit poussée par l'eau supérieure dont la pente est plus roide. Or si l'on suppose que ABCD soit la pente roide, & que le canal ne soit qu'à demi plein, comme depuis CD jusques à FG; l'eau y coulera assez vîte, & poussera avec la même impression celle qui est en GHDE; & par le mouvement qu'elle aura acquis dans ce chemin, elle sera portée assez vîte jusqu'à l'entrée de l'ajutage IL qu'elle remplira entièrement; & étant choquée par celle qui succéde, elle s'élévera jusques à 2 pieds: mais lorsqu'on la retient, on arrête son mouvement, & même elle reflue vers BGD en s'élevant vers le haut du tuyau proche de C; ce qui fait que cette eau étant dans son mouvement, & sa moindre hauteur en B étant moindre que la hauteur du point L, elle ne peut faire d'effort pour couler ou pour jaillir, qu'après que le mouvement commence à se faire ensuite du premier écoulement qui est très-lent.

TAB. XX. Fig. 103.

Il faut éviter de faire les tuyaux de conduite coudés à angles droits: car l'eau dans son mouvement heurtant contre la partie du tuyau qui lui est opposée, le met en danger de créver, & elle est retardée considérablement par cette rencontre.

Si l'on veut que l'eau jaillissante conserve sa force par plusieurs années, il faut tenir les conduites un peu plus larges que selon le calcul qui en a été fait: car il s'y amasse de la boue & des ordures qui retardent un peu l'écoulement; & même il y a des eaux qui emportent avec elles des atomes pierreux, qui venant à s'attacher ensemble, forment des pierres qui bouchent la conduite. J'en ai fait l'observation dans l'aqueduc d'*Arcueil*, & l'on voit proche de l'Observa-

voire dans le grand regard où se fait la séparation des eaux, un bassin qui a un gros jet au milieu d'un demi pied de hauteur : la circonférence de ce bassin est de cuivre, où l'on a fait plusieurs ouvertures circulaires d'un pouce de diamétre pour faire connoître la quantité d'eau qu'il y a dans l'aqueduc : mais peu à peu il s'est amassé dans ces ouvertures une matière pierreuse, qui les a enfin bouchées entièrement sans que l'eau y puisse plus passer ; ce qui est assez surprenant, car il semble que l'eau coulante devroit emporter les ordures qui s'y pourroient amasser. Cela se fait de la même manière qu'il s'amasse de la neige à côté ou sur les branches des buissons quand il fait brouillard pendant un grand froid : car le vent portant de petites parcelles ou atomes de vapeurs glacées, les introduit dans quelques pores de ces branches ; & les premières retiennent & accrochent celles qui suivent ; & enfin il s'y en fait un amas de 2 ou 3 pouces de hauteur. De même l'eau chariant de petits atomes de pierre dont elle se charge en passant par les terres, en fiche quelques-uns dans les pores du métail, & un autre qui suit, se joint au premier selon sa disposition & sa figure. Il en passe beaucoup qui ne s'y attachent pas : mais par une suite d'années il s'y en amasse enfin assez pour boucher entièrement les ouvertures ; comme si c'étoit une seule pierre assez dure, en sorte que l'on est obligé tous les 50 ans environ de relever tous les tuyaux & de les refaire à neuf.

Lorsque la conduite de l'eau dans un tuyau large se subdivise en plusieurs conduites pour faire plusieurs jets, il faut considérer tous les pouces d'eau que doivent donner ensemble tous ces jets pour déterminer la largeur du grand tuyau de conduite, & il les faut réduire ensuite par le calcul à une seule ouverture de jet.

EXEMPLE.

LA principale conduite d'une eau se divise en six tuyaux, dont il y en a deux qui ont chacun 3 lignes de diamétre d'ajutage, deux autres qui en ont chacun 5, un qui en a 6, & un autre qui en a 8 ; la hauteur du réservoir est supposée à 52 pieds. Donc, si les conduites sont suffisamment larges, & qu'il y ait assez d'eau dans le réservoir pour fournir à toute la dépense ; les ajutages de 3 lignes donneront 2 pouces chacun selon les régles & les tables qu'on a données ci-dessus ; ceux de 5 lignes donneront chacun 5 pouces $\frac{4}{6}$; celui de 6 lignes donnera 8 pouces ; celui de 8 lignes donnera 14 pouces & $\frac{2}{9}$: la somme de la dépense d'eau de tous ces jets sera donc de 37 pouces $\frac{2}{9}$. C'est pourquoi, suivant la régle précédente, pour 52 pieds de hauteur de réservoir le diamétre de l'ajutage doit être au diamétre du tuyau de conduite comme 6 lignes à 3 pouces, ou bien comme 1 à 6 qui est la même raison.

Mais comme dans cet exemple, nous n'avons que la dépense de l'eau qui est de 37 pouces & $\frac{2}{9}$ à la hauteur de 52 pieds de réservoir ; il faut

 cher-

chercher quel feroit le diamétre de l'ajutage qui fourniroit cette quantité d'eau; ce qui se fait par la régle de la mesure des eaux jaillissantes de la seconde Partie; & l'on trouve 13 lignes à très-peu près. On fera donc comme 1 est à 6, ainsi 13 à 78 lignes de diamétre du tuyau de conduite de toute l'eau, ou bien 6 pouces $\frac{1}{2}$: & chacune des conduites pour 3 lignes de diamétre d'ajutage auront 1 pouce $\frac{1}{2}$ de largeur; car par la régle précédente les diamétres des tuyaux de conduite sont entr'eux en même raison que les diamétres des ajutages, la hauteur du réservoir étant la même: chacune de celles qui portent des ajutages de 5 lignes, auront 2 pouces $\frac{1}{2}$: pour celles de l'ajutage de 6 lignes, elle aura 3 pouces de diamétre; & celle de 8 lignes aura 4 pouces. Et si l'eau du réservoir peut donner ou fournir 37 pouces, ces jets iront continuellement. On remarquera que le jet de 8 lignes d'ajutage ira le plus haut de tous: & pour sçavoir sa hauteur, on trouvera dans la table de la 2e. régle du premier Discours de la quatrième Partie, qu'un jet de 50 pieds doit avoir pour la hauteur de son réservoir 58 pieds 4 pouces; c'est pourquoi le jet est entre 45 & 50 pieds & fort proche de 45: & si l'on fait le calcul par la régle pour le jet de 46 pieds de hauteur, on trouvera 52 pieds $\frac{1}{2}$ pouce pour la hauteur du réservoir; d'où l'on peut conclure que le jet n'arrivera pas tout-à-fait à 46 pieds, quoique le réservoir soit de 52 pieds de hauteur.

SECOND DISCOURS,

De la force des Tuyaux de conduite, & de l'épaisseur qu'ils doivent avoir suivant leur matière & la hauteur des réservoirs.

LOrsque les réservoirs sont fort élevés, ou qu'on fait une conduite d'eau depuis quelque lieu fort haut, les tuyaux de conduite sont souvent en danger de se rompre, principalement si la conduite se fait par des vallées profondes; & ce seroit une chose très-fâcheuse, si après avoir fait beaucoup de dépense, quelques tuyaux venoient à créver, soit par le défaut de la soudure ou de la foiblesse des tuyaux: il faut aussi éviter d'emploïer trop de plomb ou de cuivre pour donner de grandes épaisseurs aux tuyaux lorsque des épaisseurs médiocres suffisent. Voici ce qu'on pourra observer sur cette matière:

Les corps solides & fermes résistent à être rompus par les petits liens & embaras de leurs particules qui sont entrelacées les unes dans les autres: il y a des matières faciles à rompre, comme la glace; d'autres qui se rompent difficilement, comme le fer, le marbre, &c.

On appelle la résistance absolue d'un solide à être rompu, lorsqu'on le

le tire pour le déchirer ou rompre : ainsi si l'on suspend un cylindre de bois AB par des cordes à une poutre par le moïen d'une grosse tête A, & qu'on attache vers sa base B des cordes qui suspendent un poids C de 1000 livres, qui puisse rompre ce cylindre vers D ou plus haut ou plus bas en détachant & séparant ses parties entrelacées ; on dira que sa résistance absolue est de 1000 livres. Par la même manière on sçaura la résistance absolue d'une petite bande de papier, si l'on fait deux anneaux aux extrémitez en repliant les bouts & les collant à la bande, & passant dans ces anneaux vers I & L deux bâtons GH, MN : car aiant suspendu au bâton MN le poids O par les cordelettes K & Z, si cette bandelette se rompt comme en P par ce poids précisément lorsqu'il sera de 4 livres, on dira que la résistance absolue de cette bandelette est de 4 livres. TAB. XX. Fig. 104. TAB. XX. Fig. 105.

Galilée a fait un Traité de la résistance des solides, où il donne la même définition de la résistance absolue, & il explique à sa manière la force que doit avoir un poids lorsqu'il est suspendu à l'extrémité d'un solide fiché dans un mur. Comme si le mur est AB & le solide CDEF, & que le poids G soit suspendu en F par la corde FG, il dit que la longueur FD est comme le bras d'un levier, & que l'épaisseur CD est comme le contre-levier, en sorte que si on vouloit séparer une partie qui est en C, & que sa résistance absolue fût de 10 livres, il faudroit que le poids G fût seulement de 2 livres, si la longueur FD étoit 5 fois plus grande que DC. Mais en considérant une autre partie comme I également distante de C & D, il ne faudroit qu'une livre en G, parce que le levier FD seroit alors 10 fois plus grand que le contre-levier DI. Et parce qu'il suppose que la rupture se fait en même tems dans toutes les parties de CD, dont les unes sont entre D & I & les autres entre I & C, il prétend qu'il faut considérer l'augmentation de la force du poids selon la raison de FD à la moïenne distance DI ; ce qui pourtant répugne à plusieurs expériences que j'ai faites avec des solides de bois & de verre, où j'ai trouvé qu'il faloit prendre la raison de FD à une ligne moindre que DI, comme le quart de DC ou le tiers &c. & non de FD à la moitié de DC. Pour trouver cette proportion & refuter celle de *Galilée*, je fais les raisonnemens qui suivent : TAB. XX. Fig. 106.

Je suppose premièrement, que le bois, le fer, & les autres corps solides ont des fibres & des parties rameuses entrelacées les unes dans les autres, & qui ne peuvent se séparer que par une certaine force, & qu'elles font toutes ensemble la fermété & résistance de ces corps à être rompus quand on les tire perpendiculairement de haut en bas selon leur longueur.

2. Que ces parties peuvent s'étendre plus ou moins par de différens poids : & qu'enfin il y a une extension qu'elles ne peuvent souffrir sans se rompre, en sorte, que s'il faut qu'un solide de bois soit étendu de deux lignes pour être rompu, & qu'un poids de 500 livres puisse faire

 cette

cette extenſion; un poids de 125 livres ne le fera étendre que d'environ une demi ligne; un de 250 livres, que d'environ une ligne &c; & qu'ainſi chaque extenſion fera équilibre avec un certain poids.

TAB. XX. Fig. 107. Cela étant ſuppoſé, ſoit conſidérée la balance A C B tournant ſur l'appui C, chargée à ſon extrémité B d'un poids F faiſant équilibre avec les 3 poids égaux, G, H, I. La diſtance B C eſt à C E comme 12 à 1. C D eſt double de C E, & C A double de C D. Or ſi le poids G eſt de 12 livres, il faudra un poids en F de 4 livres pour le ſoûtenir, puiſque la diſtance B C eſt triple de C A; il ne faudra que 2 livres en F pour ſoûtenir le poids H, & une livre ſeulement pour ſoûtenir le poids I: & par ce moïen un poids de 7 livres en F fera équilibre avec ces 3 poids chacun de 12 livres en G, H, & I. Si donc on ajoûte un petit poids en F, les 3 poids s'éléveront; & quoiqu'ils s'élévent inégalement, chacun agira par une peſanteur de 12 livres ſelon leur diſtance du poids C: mais il n'en eſt pas de même des parties d'un ſolide qui ſe rompt tranſverſalement, & pour le faire voir:

TAB. XX. Fig. 108. Suppoſons que F C ſoit de 12 pieds, C A de quatre, C E de 2, & C B d'un pied; & que le ſolide A D C N ſoit joint au ſolide A C P Q inébranlable, par les 3 cordelettes égales & également fortes D I, G L, H M, un peu tendues, qui paſſent au travers des petits trous dans le ſolide A C P Q, & nouées par-deſſus l'autre, comme on le voit en la figure. Soit encore ſuppoſé qu'afin que chaque cordelette ſoit prête à ſe rompre, il faille qu'elle ſoit étendue de 2 lignes plus qu'elle n'eſt; & qu'un poids R ſuſpendu en F de 4 livres, puiſſe être aſſez fort pour réduire la cordelette I D à cette extenſion de 2 lignes; & qu'y ajoûtant un très-petit poids, elle doive ſe rompre: il eſt évident qu'il faudra deux livres en R pour étendre de 2 lignes la cordelette L G étant ſeule, & une livre ſeulement pour étendre de même la cordelette H M, ſi le centre du mouvement eſt en C. Mais parce que lorſque la cordelette D I eſt étendue de 2 lignes, la cordelette G L n'eſt étendue que d'une ligne, & la cordelette H M d'une demi ligne, quand on les tire toutes enſemble; il s'enſuit par la 2e. Suppoſition, qu'un poids d'environ une livre fera alors équilibre avec la tenſion de la cordelette G L qui n'eſt que d'une ligne, & qu'il ne faudra que 4 onces pour faire équilibre avec la tenſion de la cordelette H M, quoique la réſiſtance totale de cette derniére ſoit d'une livre; & par conſéquent pour réduire les trois cordelettes en cet état, il ſuffira que le poids R ſoit de 5 lives $\frac{1}{4}$, & que ſi on y ajoûte un très-petit poids, la cordelette D I ſe rompra & preſque en un même moment les deux autres, parce qu'elles réſiſtent beaucoup moins que les trois enſemble.

TAB. XX. Fig. 109. Appliquons maintenant ces raiſonnemens au ſolide A B C D fiché perpendiculairement dans le mur E A D O, & ſuppoſons que ſi on le tiroit de haut en bas perpendiculairement, il falut 600 livres pour le rompre: je dis que ſi A D eſt diviſé en trois parties égales par les points

G & H

G & H, & que CD soit à DH comme 60 à l'unité, il suffira que le poids L soit de 10 livres pour rompre le solide; au lieu que selon *Galilée* il faudroit qu'il fût de 15 livres, puisque CD est à DI moitié de DA comme 60 à un & demi ou 40 à l'unité, & que 600 est le produit de 15 par 40.

Pour prouver cette proposition, supposons, comme il a été expliqué ci-devant, que la fibre vers A se doive étendre de 16 parties très-petites pour être rompue, & qu'il faille une pareille extension pour rompre les fibres vers G, I, & H: il est évident que ces dernières ne résisteront pas de toute leur force pour empêcher la rupture de la fibre vers A, & que si elles résistent à proportion de leur distance du point D, & s'il faut 16 livres en L pour rompre la fibre en A, il en faudroit seulement 12 pour rompre la fibre en G, 8 pour rompre la fibre en I, & 4 pour rompre la fibre en H. Mais parce que quand la fibre en A se rompt, la fibre en G ne sera étendue que de 12 parties, celle en I que de 8, & celle en H que de 4, cela fait encore une autre raison semblable au lieu de 12 livres pour rompre la fibre vers G, il ne faudra que 9 livres, sçavoir les $\frac{3}{4}$ de 12, & 4 livres pour rompre la fibre vers H. Or 12 est moïen proportionnel entre 16 & 9, & 4 entre 16 & 1: & par conséquent ces nombres 1, 4, 9, 16, étant quarrez; si l'on conçoit que la longueur AD soit divisée à l'infini, les résistances de toutes les fibres seront en la proportion des quarrez de suite depuis l'unité. Mais si on prend tels nombres de quarrez qu'on voudra de suite commençant à l'unité, trois fois leur somme moins le nombre triangulaire, qui correspond au dernier terme de la progression, sera égal au produit du plus grand quarré par le nombre de la progression commençant à zero; & ce nombre triangle excédant sera à ce dernier produit selon la progression à l'infini $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, &c. Donc cet excès à l'infini sera comme rien, & par conséquent tous les quarrez à l'infini ne feront ensemble que le tiers d'autant de quarrez égaux au plus grand en y ajoûtant un pour le premier terme zero de la progression, de même que si l'on prend une progression de suite, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. la somme de tous ces nombres est la moitié du produit du plus grand par le nombre des termes de la progression.

Pour prouver par induction cette propriété des quarrez de suite, prenons l'unité, qui est le premier quarré; le triple de l'unité est 3; l'unité multipliée par les nombres des termes de la progression, 0, 1, est 2, qui est moindre que 3 du premier nombre triangulaire 1 qui est $\frac{1}{2}$ du nombre 2; 1 & 4 ensemble font 5; trois fois 5 est 15; le produit par la progression 0, 1, 2, est 12 moindre que 15 de 3 qui est le second nombre triangulaire & qui est $\frac{1}{4}$ de 12; 55 est la somme des 5 premiers quarrez; 3 fois 55 est 165; le plus grand quarré 25 multiplié par les 6 termes de la progression 0, 1, 2, 3, 4, 5, est 150 moindre que 165 de 15 qui est $\frac{1}{10}$ de 150.

Pour

TAB. XX. Fig. 110. Pour sçavoir si l'expérience seroit conforme à ce raisonnement, je fis tourner au Tour deux morceaux de bois fort sec. L'un d'eux, représenté par AB, avoit à ses extrémitez deux petites boules, & le reste CD étoit uniformément épais de trois lignes : l'autre EF étoit en toute sa longueur épais de 3 lignes. Je mis le bout de ce dernier jusques au point G dans un petit trou fait dans une poutre, & il le remplissoit exactement; & j'attachai à l'autre bout un poids de six livres en F. La distance GF étoit de 4 pouces ou 48 lignes, & par conséquent elle étoit 48 fois plus grande que le tiers de l'épaisseur du bâton cylindrique GF, puisque ce tiers n'étoit que d'une ligne; & selon *Galilée* la proportion du poids étoit augmentée 32 fois: mais le bâton se courba un peu, & la distance ne fut plus que comme 30 à 1 à peu près, & le poids I de six livres suspendu au point F fit rompre le bâton au point G. Or si la force de ce poids n'eût été augmentée que de 30 fois, il ne devoit faire qu'un effort de 180 livres, qui est le produit de 30 par 6. Je suspendis ensuite le bâton AB, par quatre cordelettes attachées à une petite corde qui faisoit deux tours autour du col D, & étoit retenue par la boule BD, & j'accommodai de même quatre autres cordelettes à la boule CA pour suspendre un poids de 180 livres qui devoit rompre le bâton AB le tirant en bas perpendiculairement, si la régle de *Galilée* eût été véritable; mais il ne se rompit pas. L'expérience se fit en presence de Mrs. de *Carcavy*, de *Roberval*, & *Huygens*. Je fis ajoûter des poids de 10 ou 12 livres les uns après les autres; & enfin quand il y en eût en tout environ 330 livres, il se rompit au point H. Or si l'on prend la proportion de 47 à 1 (qui est le tiers de l'épaisseur) à cause que le bâton se courba un peu avant que de se rompre, le produit de 47 par 6 est 282 au lieu de 330. Mais il y a apparence que si on y eût seulement mis 300 livres, & qu'on les y eût laissées quelque tems comme on laissa les 6 livres en I; il se fût rompu de même. Mais enfin la proportion fut beaucoup plus grande que de 30 à 1, & il ne manqua qu'environ $\frac{1}{7}$ qu'elle ne fût comme 47 à 1; ce qui put arriver à cause que le bâton GF étoit peut-être plus foible vers le point G ou un peu plus épais. On recommença l'expérience en laissant une grande épaisseur aux deux bouts du bâton EF, laissant seulement deux pouces de G vers F afin que cette partie se courbât fort peu. Je me servis ensuite de quelques canons de verre solide de $\frac{1}{4}$ de ligne d'épaisseur, & je trouvois toûjours à peu près qu'il faloit prendre la proportion de la longueur du cylindre de verre au tiers de son épaisseur : & dans une expérience où, selon *Galilée*, il n'eût falu que 30 livres pour rompre la petite verge de verre située perpendiculairement de haut en bas, il y en falut suspendre 50; le Sieur *Hubin* ajustoit de petites boules de verre aux deux bouts du cylindre pour le suspendre.

On peut objecter que dans le bois ou le verre ou les métaux, il n'y a

a rien qui s'étende avant la fraction. Je demeure d'accord que l'extension du verre n'est pas sensible: mais celle des métaux se reconnoît aisément, en ce que les cordes de claveslin, de quelque métail qu'elles soient, s'étendent sensiblement; d'où il s'ensuit qu'un cylindre d'un pouce d'épaisseur doit s'étendre aussi, mais il faudroit un poids de plus de 2000 livres pour l'étendre sensiblement; car puisqu'une boule de verre & d'acier s'enfonce par le choc, & se remet en sa première figure, elle peut aussi s'étendre. Si on laisse tomber un cylindre de bois sec d'un pouce d'épaisseur sur une pierre platte, il rebondit, & par conséquent il a ressort, & ses parties souffrent extension & pressement: & parce que l'expérience fait voir qu'un petit bâton qu'on plie pour le rompre, se resserrant vers la concavité de sa courbure, s'étend nécessairement vers la convexité avant que de se rompre; de-là on peut conclure qu'il faut un effort pour faire la compression vers la concavité.

Cela étant supposé, si ABCD est un bâton quarré fiché dans un mur, on peut concevoir que depuis D jusqu'à I, qui est la moitié de l'épaisseur AD, les parties se pressent par le poids L; celle qui sont proches de D, davantage que celles vers I; & que depuis I jusques à A elles s'étendent, comme il a été expliqué; & l'on pourra appliquer le même raisonnement des cordelettes à la partie IA: d'où il s'ensuivra que comme la longueur IF est au tiers de l'épaisseur IA, ainsi sera augmentée la force du poids L pour rompre le solide. Et comme il faut plus de force pour presser les parties vers D que vers H, si on suppose que cette force diminue selon la suite des nombres jusques à l'unité, il faudra encore la même proportion de la longueur IF au tiers de la largeur DI pour faire ce pressement. Et comme il est très-vrai-semblable que ces pressemens résistent autant que les extensions, & qu'il faut un même poids pour les faire; ces extensions & ces compressions partageront la force du poids L: ajoûtant le tiers de l'épaisseur IA au tiers de l'épaisseur ID, le tout sera égal au tiers de toute l'épaisseur AD; d'où il s'ensuivra la même chose que si toutes les parties s'étendoient. Donc pour réduire l'extension vers le point A à la rupture, il faut que le poids L soit un peu plus de 10 livres pour rompre le solide ABCD, si la longueur CD est au tiers de l'épaisseur AD, comme 1 à 30, & qu'il faille un peu plus de 300 livres pour le rompre en le tirant de bas en haut: car la même chose doit arriver pour l'effort du poids, que si les parties entre ID s'étendoient comme les supérieures. TAB. XX. Fig. III.

J'ai expérimenté, avec le Sieur *Hubin*, qu'un fil de verre d'un quart de ligne d'épaisseur & long de 4 pieds, s'étendoit de $\frac{4}{5}$ de ligne sans se rompre, & en le laissant retourner de lui-même, il reprenoit sa première extension. On en fit étendre trois de même grosseur, qui se rompirent étant étendus jusqu'à une ligne & demi. Pour le connoître, il y avoit aux deux bouts de chaque fil une boule de verre de 2 ou 3 lignes. On engageoit une de ces boules entre deux cloux à crochet en-

foncés vers l'extrémité d'une table jusques à leur moitié, en sorte qu'en les poussant très-fort, on ne les faisoit point branler sensiblement; & par conséquent le gros bout du filet, étant bien engagé par le bas des cloux, ne se pouvoit approcher vers l'autre bout de la table. Il y avoit 3 petits trous d'épingle pour faire discerner l'allongement. Le fil portoit sur la table en sa longueur; mais en le tirant médiocrement il n'y portoit plus. Le gros bout qu'on tiroit, touchoit la table; on remarquoit qu'il touchoit par son extrémité le premier trou d'épingle en le tirant avec la main médiocrement; & en le tirant plus fort, il alloit jusqu'au 2e. trou; & en le tirant encore plus, il alloit jusques au 3e.; & en relachant un peu de l'effort, il revenoit au 2e. ou au 1^r^. trou. Pour bien faire il eût falu qu'un des bouts eût été poussé à force en tournant dans un trou d'un morceau de fer, & que l'autre eût été attaché à 2 ou trois petites cordelettes, qui étant jointes ensemble n'en eussent fait qu'une, qu'on auroit entortillée autour d'une cheville d'un luth ou d'un autre instrument pour étendre le filet en tournant peu à peu. On auroit fait des marques pour connoître l'allongement, & même on pourroit faire sonner le fil de verre comme une corde d'épinette.

Cela étant supposé, voici les expériences que j'ai faites pour la résistance des solides; ces régles peuvent beaucoup servir aux Architectes pour les poutres, pour les saillies, &c.

Un canon de verre de $\frac{5}{3}$ de ligne d'épaisseur s'est rompu par son propre poids à 6 pieds de saillie.

Un cylindre de marbre noir de 5 lignes de diamétre a soûtenu horisontalement 190 livres, c'est-à-dire, 10 $\frac{1}{2}$ à 48 lignes de distance. Le quarré de $\frac{5}{3}$ est $\frac{25}{9}$: son produit par un pied de longueur ou 144 lignes est $\frac{3600}{9}$ ou 400 lignes, dont 6 pieds péseront 2400 lignes cubiques. Comme 14 à 11, ainsi 2400 à 1886 lignes; & parce qu'un pouce cubique ou 1728 lignes pésent 2 onces 1 gros, 1886 lignes péseroient environ 2 onces 3 gros.

La moitié de la longueur de 6 pieds est 36 pouces ou 432 lignes. Comme le tiers de $\frac{5}{3}$ de ligne, sçavoir $\frac{5}{9}$, est à 432, ainsi 2 onces $\frac{1}{3}$ à 1814, qui divisés par 16 onces donnent 113 livres 6 onces, qui seroit le poids que supporteroit perpendiculairement ce cylindre de verre de $\frac{5}{3}$ de ligne.

Une verge de verre d'une ligne $\frac{3}{4}$ d'épaisseur & longue de 11 pouces, étant posée sur deux régles distantes de 9 pouces l'une de l'autre & larges & épaisses d'un pouce, & étant chargée à son milieu d'une livre $\frac{3}{4}$ mise dans un godet de fer blanc suspendu par une cordelette, s'est rompue dans le milieu. Une semblable verge posée de même, mais serrée par ses deux bouts entre les deux régles, & deux petits morceaux de bois plats de même largeur que les régles, s'est rompue par trois livres & une once, suspendues à son milieu: la rupture s'est faite aux deux bouts joignant les régles, & même l'un des bouts a été rompu à 3 lignes

gnes en dedans plus loin que l'appui. Ainsi on peut prendre pour régle, que les deux extrémitez proches de l'appui se rompent en ce dernier cas; par conséquent il faut deux fois autant de force que quand les extrémitez sont libres & qu'elle se rompt au milieu.

Une semblable verge posée en son milieu sur le trenchant d'un couteau, (on avoit mis de la cire d'Espagne vers les bouts pour empêcher de couler les cordelettes qui soûtenoient les poids & pour marquer leur distance qui étoit de 2 pouces) il n'a falu qu'une livre & demi & environ 3 onces pour la rompre, c'est-à-dire, qu'on avoit mis dans deux godets ces poids, sçavoir en chacun une livre moins 2 onces & demi: elle s'est rompue à trois lignes du couteau; il y avoit une marque blanche pour marquer le milieu de la verge.

Une lame d'épée posée par le bout dans un trou obliquement de bas en haut a supporté 68 livres; & une petite lame de fer blanc en a supporté 80.

Il est manifeste que si un solide A B se rompt par un poids L suspendu à son milieu E, étant appuïé par les extrémitez sur les 2 régles G & F, il doit se rompre de même, si l'appui est en E & les deux puissances en A & B égales entr'elles & ensemble à la force du poids L, puisque c'est toûjours le même effort qui se fait en E. *Galilée* a démontré que le même poids qui rompt en E, rompra le solide de même épaisseur fiché dans un mur jusques au point A, si la longueur est égale à A E. D'où il s'ensuit ce que j'ai trouvé par expérience, sçavoir qu'un verre plat A B de 12 pouces de longueur posé & appuïé par ses extrémitez & portant à faux de 9 pouces, s'étant rompu par le poids d'une livre 10 onces & 5 gros, s'est rompu par 3 livres 5 onces 4 gros, lorsque ses extrémitez furent serrées entre les appuis & des bois plats par des cordelettes, parce qu'alors ils doivent se rompre en A & B joignant les appuis; & parce que les deux résistoient par leurs deux extrémitez deux fois autant que le seul E A en son extrémité A, il y falut mettre le double de poids en L. TAB. XXI. Fig. 112.

Le même Auteur a encore démontré, que si les appuis sont en double distance, la moitié du poids qui étoit en E, suffira pour rompre le solide: dont la raison est, que le levier devient 2 fois plus long, & le poids par conséquent a 2 fois plus de force, le contre-levier ne changeant point. Mais si le solide est 2 fois plus épais, il faudra quadrupler le poids, parce que d'un côté il y a 2 fois plus de parties à détacher, & aussi la force du levier diminue de moitié; ce qui fait que le poids doit être quadruple, & généralement les poids doivent être en raison doublée des épaisseurs.

De-là on résoud un Théorême fort surprenant, sçavoir: que si on a un quarré plat, de bois ou de verre ou d'autre matière fragile, posé sur un quadre, en sorte que ses extrémitez y soient serrées fortement, comme on serre les quarrez de verre sur un quadre de chassis; le même

 poids

poids distribué dans toute son étenduë qui le rompra, rompra tout autre quarré de même épaisseur de quelque largeur qu'il soit.

DÉMONSTRATION.

TAB. XXI. Fig. 113. ABCD est le quadre qui tient serré le quarré de verre. EF est un autre quadre plus petit, tenant serré un autre quarré de verre de même épaisseur: je dis qu'il soûtiendra un même poids distribué. Car soit une petite bande QH posée sur le petit quarré, & pour la facilité de la démonstration soit la bande IL en l'autre quadre double en longueur de QH, & de même largeur & épaisseur. Il est évident par ce qu'en a démontré *Galilée*, que si on met un poids au milieu de QH précisément suffisant pour le rompre, la moitié de ce poids posé au milieu de IL, la rompra. Mais si on double la largeur de IL, & que la bande soit MNKS, il faudra le poids entier pour le rompre: car le levier demeurera le même, mais il y aura 2 fois autant de parties à détacher; & si l'on distribue le 1er poids le long de QH, il le faudra doubler pour rompre la bande QH, comme il a été prouvé par le même Auteur. Donc il faudra aussi doubler le poids pour rompre MS double de IL. Mais si l'on ajoûte en croix une autre bande OP dans le petit quadre, il faudra doubler le poids; ce que j'ai confirmé par expérience: car une simple bande s'étant rompue par 2 livres & demi un peu moins, étant en croix il falut 4 livres 11 onces un peu plus, qui est un peu moins que le double; ce qui peut proceder de ce que le quarré du milieu n'étoit pas double. Si donc on met une autre bande en croix GR de même largeur que IN, elle portera le même poids que la croix POQH; & si on continue de faire plus larges ces croix selon les mêmes proportions, celle de la grande supportera toûjours un même poids distribué; & enfin on peut continuer jusques à ce qu'il ne reste que quatre quarrez très-petits aux angles de chaque quadre. D'où l'on doit conclure, que si on achéve ces deux quadres, le même effet suivra toûjours & de même dans toutes les autres proportions: car si le quarré du milieu du petit fait que la croix ne porte pas un poids double de celui que porte la bande, aussi le quarré du grand fera le même effet.

Ces régles servent pour les solides dont les matières sont fragiles, comme le bois sec, le verre, le marbe, l'acier, &c.

Mais pour les matières souples & pliantes qui se rompent par la seule traction, comme le papier, le fer blanc, les cordes, &c; il faut d'autres régles, dont voici les principales.

RÉGLE

Pour les solides qui sont souples.

LEs bandes de papier, de fer blanc, & d'autre matière semblable, se rompent également, soit qu'elles soient longues ou courtes.

EXPLICATION.

BC est une bande de papier, colée; ou de fer blanc, clouée sur les deux appuis EG, FH; & n'étant point portée dans la longueur CB. On met un petit bâton IL au milieu sur la bande, & on y attache aux extrémitez qui passent un peu au-delà du papier, des cordelettes pour porter le poids P; car si l'on mettoit une cordelette sur la bande de papier, elle la plisseroit ou la couperoit. La bande étant de papier de 6 lignes de largeur s'est rompue par le poids de 4 livres. TAB. XXI. Fig. 114.

Une semblable bande se rompoit de même lorsque les appuis étoient moins éloignés de moitié; & lorsqu'étant entortillée par les extrémitez autour de deux petits cylindres GH, MN, on attachoit un poids au cylindre d'en-bas par le moïen de 2 cordelettes, comme on le voit en cette figure; la bande se rompoit aussi par un poids de 4 livres. TAB. XXI. Fig. 115.

Quelques-uns objectent que les cordes KZ portent une partie du poids, & que sa pesanteur n'est pas emploïée à rompre la bande IL. Mais il est évident que la bande porte tout ce qui est au-dessous d'elle, soit que les cordes s'étendent ou non; & pour le prouver, j'ai fait l'expérience suivante:

Un fil de cuivre tourné en vis, soûtenu par la main en A, & aiant le poids C suspendu au bout B, s'étendoit d'une certaine manière par ce poids plus ou moins selon qu'il étoit plus ou moins pesant: mais toutes les distances des spires étoient parfaitement égales, & lorsqu'on tenoit à la main l'endroit D, les distances demeuroient les mêmes sans aucun changement; ce qui faisoit connoître manifestement que l'extension des spires supérieures, lorsque la suspension étoit en A, n'amoindrissoit de rien la force du poids à l'égard des spires inférieures. La même chose arrive à une corde longue qui supporte un poids: car toutes les parties en souffrent la même extension sans que les supérieures diminuent l'extension des inférieures, ni les inférieures celle des supérieures; & une longue corde & une courte supportent toûjours le même poids, si ce n'est qu'il arrive que dans une longue corde il se peut trouver quelque défaut où elle se rompra plûtôt qu'en une moindre. TAB. XXI. Fig. 116.

La même chose arrive à des bandes de fer blanc: car en une longue il y aura peut-être un défaut qui ne sera pas en une courte; & si l'on en

en avoit pris la partie qui ne s'est pas rompue, elle supporteroit un plus grand poids, parce que le défaut en seroit ôté. J'en ai fait plusieurs expériences.

Une bande de fer blanc de 3 lignes ¼ de largeur a supporté 100 livres sans se rompre, & s'est rompue par 130 ou 128; & étant tirée de bas en haut, elle ne s'est pas rompue à 120 livres, mais elle s'est rompue à 123 par un endroit où il y avoit quelque paille: on jugera qu'elle auroit supporté davantage si on l'eût tirée bien droit & qu'il n'y eût point eu de défaut.

Une bande de fer blanc de 4 lignes ½ de largeur portant à faux de 5 pouces dans le petit quadre, ne s'est point rompue par 180 livres; on n'a pas achevé de la rompre en y mettant d'autres poids.

Une bande de papier de 6 lignes de largeur étant collée par ses 2 extrémitez sur 2 traverses opposées d'un quadre de chassis de 5 pouces dans œuvre, s'est rompue par 4 livres 3 quarts, & il a falu ajoûter 4 onces pour en rompre une égale tirée de haut en bas. Deux autres aussi de 6 lignes se sont rompues par 4 livres en les tenant ¾ de minute avec le poids aussi-bien dans le grand quadre que dans le petit.

Une autre bande de papier de la meme force, de 6 lignes ½ de large, s'est rompue par 4 livres: elle étoit posée sur le même chassis de même en l'un qu'en l'autre: il y avoit 3 cordes qui portoient un petit godet, & une autre corde passant par dessous, qui étoit soûtenue plus haut par un petit bâton; on mettoit dans le godet peu à peu des poids jusques à ce que la bande se rompît. On a collé du papier dans le grand quadre de 9 pouces dans œuvre & dans le petit de 5 pouces dans œuvre de même que quand on fait des chassis: on a posé au milieu du grand papier un rond de cuir de 3 pouces 4 lignes, & sur le milieu de ce cuir un poids de plomb de 4 livres qui n'avoit que 2 pouces & demi de largeur par sa base qui posoit sur le cuir; on entassa plusieurs poids sur ce premier, & le papier ne se rompit qu'à 42 livres.

L'autre papier sur le petit quadre se rompit à 34 livres, mais son petit cuir n'avoit qu'un pouce ¾ de largeur, sur lequel on mit le même premier poids.

Pour comparer ces expériences entr'elles & avec les bandes de papier, la largeur du cuir qui posoit dans le grand chassis étant de 3 pouces, & la base du poids de 2 pouces ½, ainsi le cuir ne portoit pas bien ferme à ses bords, & l'on peut prendre que la largeur de la bande qu'occupoit le diamétre étoit 5 fois plus grande que celle de la bande de 6 lignes qui avoit supporté quatre livres, & prenant une autre bande en croix CD de même largeur, si la première AB soûtenoit 20 livres pour être quintuple de 4 livres, les deux en soûtenoient 40, les 2 livres de plus étoient soûtenues par les 4 bandes diagonales, ER, GF, qui souffrent fort peu par les raisons qui ont été dites ci-dessus, à l'égard des cordelettes, parce qu'elles sont plus longues que les autres, & ne s'é-

TAB. XXI. Fig. 117.

s'étendent pas de toute l'étenduë propre à les faire rompre. Dans le petit chassis la bande AB n'étoit que 3 fois ½ plus large que la bande de 6 lignes; elle devoit donc soûtenir 14 livres, & les deux en croix 28 livres: les 6 livres restantes étoient pour les 4 bandes diagonales: & quoique ce soit plus à proportion que dans le grand, cela arrive par l'inégalité de la matière qui a sa résistance absolue moindre en un endroit qu'en un autre. Que si les bases des poids eussent été égales dans les deux quarrez de papier, ils eussent dû porter le même poids; la rupture se fit en tous les deux, entre le poids & le quadre de bois.

Après avoir fait plusieurs expériences semblables, j'en ai fait plusieurs sur des tuyaux pleins d'eau. Je fis faire un tuyau de 50 pieds, dont il a été parlé ci-dessus; & l'aiant soudé dans le tambour cylindrique d'un pied fermé de tous les côtez, on posa le tambour sur 3 appuis à ses extrémitez. Les bases étoient des platines de cuivre d'une ligne d'épaisseur, & le tour étoit de fer blanc. Le tuyau, montant de 3 pouces de largeur, étoit soudé dans un trou fait au milieu de la platine supérieure; & la surface cylindrique de fer blanc étoit soudée avec les platines en cette manière:

AB représente le diamétre de la platine supérieure; les petits quarrez C & D, l'épaisseur d'un fil de fer qui régnoit tout autour du fer blanc qui faisoit la caisse, joignant la platine, & servoit à l'y mieux souder. EF est le tuyau de fer blanc de 50 pieds de hauteur. La platine inférieure étoit soudée de même avec la caisse de fer blanc que la supérieure. On fit emplir d'eau le tambour & le tuyau. Quand elle fut tout au haut, les platines se courbérent en convexité par le poids de l'eau: & comme elles agissoient en levier dont l'extrémité étoit G, & le contre-levier la largeur de la soudure, sur l'extrémité du fer blanc & sur la largeur du fil de fer; la soudure se détacha par cet effort, les parties les plus proches de G se séparant les premières: l'espace désoudé fut de 4 pouces, par où toute l'eau s'écoula; on la résouda de nouveau, & la platine d'en-bas se désouda aussi dans l'expérience. Je fis refaire un autre tambour, où le fer blanc, étant rabattu sur les platines, les enfermoit en dedans & y étoit bien soudé. On augmenta ensuite le tuyau montant EF, jusques à ce qu'il eût 100 pieds de hauteur, & il demeura plein d'eau assez long-tems avant que de se rompre: mais enfin une des soudures de la caisse s'entrouvrit par le bas comme depuis S jusques à R, & se déchira de travers depuis R jusques à T. Les platines s'étoient courbées de plus d'un pouce; mais leur soudure avec le fer blanc ne se rompit point, parce qu'agissant en levier comme en la première expérience, même plus fortement à cause du plus grand effort d'eau, la partie soudée du fer blanc s'élevoit avec elle, & par ce moïen ne se pouvoit désouder. On avoit tenu long-tems ce tuyau plein jusques à 80 & 90 pieds; mais rien ne se rompit: & parce que l'eau de 100 pieds agissoit sur cette caisse de fer blanc comme si le tuyau

TAB. XXI. Fig. 118.

tuyau eût été d'un pied de large jusques à cette hauteur, comme il a été prouvé dans le Discours de l'équilibre ; on peut tenir pour certain qu'un tuyau de fer blanc de 80 pieds, & d'un pied de largeur, ne se rompra point étant plein d'eau.

Je fis ensuite mettre un tambour de plomb au lieu du tambour de fer blanc : son épaisseur étoit de 2 lignes & demi : il avoit un pied de largeur & 18 pouces de hauteur ; mais il étoit renflé comme un baril jusques à la rencontre des platines de plomb plattes, de 8 pouces de largeur, & de la même épaisseur de 2 lignes & demi. Les soudures avançoient d'un demi pouce sur les platines, & sur ce qui avoit été rabattu qui joignoit les platines, en sorte qu'elles avoient un pouce de largeur & plus ; elles étoient hautes de plus de 8 lignes. On emplit d'eau le tuyau de 100 pieds de hauteur, & les deux platines se courbérent en rond de plus d'un pouce $\frac{1}{2}$: mais rien ne se rompit ; car la soudure s'éleva aussi avec le reste, & l'épaisseur du plomb étoit trop grande. Il y a du plomb poreux qui auroit laissé passer quelques petits filets d'eau, comme j'en ai vû une fois l'expérience en un tambour d'un pied & demi, & de l'épaisseur de deux lignes, quoique le tuyau montant ne fût que de 15 pieds. Enfin pour achever l'expérience, je fis ratisser avec un couteau, & limer le tambour dans son milieu d'environ 6 pouces de hauteur & 4 pouces de large : & quand son épaisseur fut réduite à une ligne un peu moins dans le milieu de ce qui étoit limé, alors le plomb s'enfla en cet endroit, & il s'y fit une fente de trois pouces de hauteur par où toute l'eau s'écoula. On peut donc en sûreté se servir d'un tuyau de 100 pieds, large de 12 pouces, & d'épaisseur de 2 lignes, ou même une ligne & demi si le plomb est bon. Voici comme on peut expliquer la résistance du tambour de fer blanc. Il le faut considérer comme une bande de fer blanc d'un pied de largeur qui doit se rompre en se déchirant. Or cette bande est 24 fois plus large que celle de 3 lignes qui supportoit 120 livres ; elle doit donc supporter 445 fois davantage à peu près, & parce que l'eau du tuyau pesoit alors 5500 livres : car il la faut considérer comme si elle étoit de la largeur d'un poids jusques au haut de 100 pieds : & un pied cylindrique d'eau pése 55 livres, qui multipliées par 100 donnent 5500 : 45 fois 120 fait 5400, & par conséquent le rapport est assez juste : & si la soudure eût été bonne par-tout, le tambour auroit encore pu porter 100 livres ou 2 pieds d'eau plus haut. Il faut considérer qu'il ne faut pas faire état de ce que le poids est distribué par-tout quoique ce soit en déchirant. Si l'on veut sçavoir la proportion de la résistance des autres tuyaux, voici les régles qu'on peut suivre : on suppose que les platines sont assez fortes.

I. RÉGLE.

SI la hauteur du réservoir est double, il y aura deux fois autant de poids d'eau, & par conséquent il faudra deux fois autant d'épaisseur de métail dans le tuyau afin qu'il y ait deux fois autant de parties à séparer. Si le diamétre du tuyau est 2 fois plus large, il faudra 2 fois plus d'épaisseur: car les mêmes parties du fer blanc ne seront pas plus chargées, & elles sont seulement doubles.

II. RÉGLE.

SI les platines sont les moins fortes; & que la rupture s'y doive faire en les supposant de fer de fonte, ou d'une autre matière aigre & cassante; lorsque les tuyaux auront 4 fois autant de hauteur, il faudra doubler seulement l'épaisseur du métail, comme il a été prouvé ci-devant: car alors la platine se rompt en levier: & le contre-levier devient deux fois plus grand, & il y a deux fois autant de parties à séparer. La même chose arrivera si le diamétre est double: car il y aura 4 fois autant de poids; il faudra donc doubler seulement l'épaisseur. D'ailleurs ces platines différentes peuvent supporter le même poids; mais le poids étant quadruple, il faut doubler l'épaisseur: & si la hauteur & la largeur du tuyau sont ensemble plus grandes, il faudra faire le calcul de la hauteur & ensuite celui de la largeur, comme en l'exemple ci-dessus; il faudra doubler l'épaisseur par la hauteur quadruple, & doubler celle-ci par la surface quadruple de la base, dont il faudra quadrupler l'épaisseur de la platine: mais quand c'est du fer blanc ou du cuivre fort souple, si le réservoir est 4 fois plus haut, il aura 4 fois plus de poids; il faudra donc 4 fois plus d'épaisseur; & si le diamétre est double, il y aura encore 4 fois plus de poids, & il faudra encore quadrupler l'épaisseur; ce qui fera 16 épaisseurs: ainsi si une demi ligne d'épaisseur de cuivre peut supporter 60 pieds de hauteur & 4 pouces de largeur de tuyau, si la hauteur est 240 pieds, & la largeur de 8 pouces, il faudra 8 lignes d'épaisseur de cuivre.

Il vaut toûjours mieux faire les tuyaux un peu plus épais que selon le calcul: car il arrive souvent qu'il y a des défauts dans la matière. On a vû des conduites de fer de fonte de 4 pouces de diamétre & de 3 lignes d'épaisseur, où il se trouvoit beaucoup de tuyaux de ceux qu'on joint ensemble pour composer la conduite, qui se rompoient, parce qu'en les jettant il s'y étoit fait des vuides, & la matière étoit défectueuse en ces endroits: on a vû aussi suinter de l'eau par leurs pores au commencement; mais enfin les pores se fermoient par les petites saletez que l'eau charrie, & ils étoient de bon service dans la suite.

TROISIÈME DISCOURS,

De la diſtribution des Eaux.

POur partager l'eau en divers jets, & ſçavoir combien on en donnera à chacun; ce qui peut auſſi ſervir à la diſtribution qu'on fait à pluſieurs Particuliers de l'eau d'une ſource; il faut avoir une jauge dont les ouvertures ſoient quarrées, & non rondes.

TAB. XXI. Fig. 119. Comme AB eſt le haut du vaiſſeau qui ſert de jauge, & CD la hauteur de l'eau; il faudra placer les trous quarrez environ deux lignes au-deſſous de la ſurface CD ſelon une ligne droite horiſontale EN. Or ſi l'on a diviſé cette jauge en pluſieurs quarrez d'un pouce en tous ſens, comme EFPH &c. ils donneront plus d'un pouce: car ſi les circulaires donnent 14 pintes en une minute, les quarrez en donneront une quantité qui ſera à 14 comme 14 à 11, laquelle proportion de 14 à 11 eſt à peu près celle du quarré au cercle qui a même largeur. Si donc un pouce rond donne 14 pintes en une minute, un pouce quarré donnera un peu moins de 18 pintes: car 11 eſt à 14, comme 14 à 17 $\frac{9}{11}$. Il faudra donc diviſer EF en 14 parties égales; & ſi ER contient 11 de ces parties, le quarré long ERSH ſera à fort peu près égal à un pouce circulaire, & il donnera un pouce, c'eſt-à-dire, 14 pintes en une minute, ſi l'eau du baquet qui ſert de jauge, demeure à la hauteur CD. On fera pluſieurs ouvertures de ſuite égales à FRSH ſous la même ligne EN, comme RLTS, LMVT, &c; & ſi l'on veut donner un demi pouce, il faudra diviſer un de ces quarrez longs, comme OQIG par la moitié par la ligne XY; & chaque moitié donnera un demi pouce, c'eſt-à-dire, 7 pintes en une minute; & en toutes les autres diviſions de même, en prenant le tiers comme IKZQ, ou le quart, &c. Il y aura encore cet avantage, que ſi les eaux qui fourniſſent l'écoulement, diminuent, & qu'en coulant elles ne rempliſſent que le tiers ou la moitié ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les Particuliers perdront à proportion; ce qu'on ne peut faire quand les trous ſont ronds; & s'il y a un peu plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes, cela ſera recompenſé en ce que l'eau ſuccéde mieux à un petit écoulement qu'à un grand. Si on veut donner 3 ou 4 pouces, on prendra 3 ou 4 ouvertures entières, égales chacunes à ERSH, comme EHVM pour trois: mais il faudra un peu ſéparer les ouvertures, quand on ne donne qu'un pouce à chaque Particulier; car leurs eaux ſe confondroient s'il n'y avoit que 2 ou 3 lignes entre elles: il faut que l'entrée de chaque tuyau ſoit aſſez large pour recevoir l'eau de chaque diviſion.

Voici comme on peut diſtribuer une ſource dans une ville à pluſieurs Particuliers:

Je

Je ſuppoſe que la fontaine donne 40 pouces d'eau en Eté, & 50 pouces en Hiver, & 45 dans les autres tems: il faut faire pluſieurs réſervoirs, comme FGHI, où l'eau ſe décharge.

Dans le premier, qui ſera le plus grand, on laiſſera élever l'eau juſqu'à une hauteur comme AB, où l'on fera un paſſage à l'eau pour couler plus loin; & on fera les trous par où l'on veut faire la première diſtribution, comme en C, D, E, un pied au-deſſous de AB: ces trois trous pourront être aſſez grands enſemble pour laiſſer paſſer 20 pouces, & les 25 pouces reſtans paſſeront par deſſus AB. Il eſt évident que, quand l'eau ſera la plus forte, l'élévation de l'eau courante ſera plus grande au-deſſus de AB; & quand elle ſera moins forte, qu'elle ſera moindre, mais ce ne ſera que d'un pouce au plus: tellement que, quand l'eau qui entre dans le réſervoir, ſera de 50 pouces, il en paſſera environ 20 pouces & demi par les 3 ouvertures; & qu'il n'en paſſera que 19 & demi à peu près, quand elle ne donnera que 40 pouces. On fera de même à l'égard de l'eau qui paſſera par deſſus AB, & de celle qui paſſera par les trous; & on leur fera de petits réſervoirs en d'autres quartiers de la ville, où l'on diſtribuera aux Particuliers les 25 pouces & les 20 pouces, obſervant toûjours de faire les trous 12 pouces ou du moins 10 pouces au-deſſous de AB. Enfin il arrivera que dans les grandes eaux il reſtera 5 ou 6 pouces d'eau, qu'on donnera au public en quelque endroit peu fréquenté pour quelques uſages, & cette eau ne durera que pendant les grandes eaux; ce qu'on obſervera auſſi dans les autres conduites comme C, D, E: car il y aura toûjours quelques reſtes qui ſeront au profit de la ville; ſoit pour faire des viviers ou autres amas d'eau qui ſe conſervent long-tems, ſans qu'il y entre de nouvelle, & qui ſe répareront de tems en tems: le reſte ſera également diſtribué ſur le pied de 45 pouces, ſinon qu'ils auront quelquefois un peu moins, quelquefois un peu plus.

TAB. XXI. Fig. 12.

Frontinus, Auteur Romain, a parlé de ces conduites d'eau d'une autre manière. Il appelle *Quinaria* ce que nous appellons Pouce; mais ſon *Quinaria* étoit un peu plus petit. Il ſemble que la façon d'appliquer ce qu'il appelle *Calice*, au bas duquel il y avoit un petit tuyau de la grandeur de ſon *Quinaria*, ne pouvoit pas être juſte; & il vaut mieux conduire juſqu'à un quartier de la ville 10 pouces, s'il ne faut que dix pouces aux Particuliers qui y ſont, & les faire décharger dans un réſervoir long, où l'on appliquera une jauge comme ci-deſſus, donnant un pouce ou un demi pouce, ſuivant l'acquiſition: & quand il y a des Particuliers qui n'en veulent qu'une ligne, qui eſt la 144e. partie d'un pouce, ou deux lignes qui eſt la 72e. du pouce; alors il faudra faire la jauge autrement que celle ci-deſſus. En un petit réſervoir ſéparé où l'on fera paſſer l'eau de 5 lignes par deſſus les ouvertures, & aiant fait un trou quarré de quatre lignes de largeur, on en ôtera $\frac{3}{14}$ de la largeur, laiſſant la hauteur de 4 lignes qui donnera la neuvième partie d'un pou-

ce, c'eſt-à-dire, 16 lignes; la moitié de cette largeur donnera 8 lignes, & le quart 4 lignes: ou bien on fera paſſer l'eau 6 lignes & demi par deſſus une ouverture d'une ligne en quarré, dont on ôtera $\frac{3}{14}$, afin de faire la valeur d'une ligne ronde préciſe, qui donnera $\frac{1}{14}$ de 14 pintes en une minute, & 144 pintes en 24 heures de celles dont il faut 36 pour un pied cube : ſi on double la largeur, ce ſera 2 lignes, qui donneront un muid en 24 heures, & douze pintes en une heure, & 3 pintes en un quart-d'heure; & pour être plus aſſûré qu'on ne donne pas plus ou moins que deux lignes, il faudra compter le tems dans lequel cette ouverture emplit un demi ſeptier, & ſi c'eſt en 75 ſecondes, la meſure ſera juſte : il faudra conduire ce peu d'eau dans des canaux d'un pouce au moins, car ils pourroient ſe boucher s'ils étoient plus petits; & même de 10 ans en 10 ans il faudra prendre garde ſi les jauges ne s'empliſſent pas de quelque matière pierreuſe qui diminue les ouvertures, & en ce cas on les refera de nouveau.

Lorſque les tuyaux de conduite ne ſont pas aſſez larges, il s'y amaſſe dans les endroits les plus bas un limon très-fin, que les eaux les plus claires charrient très-ſouvent avec elles, qui venant à ſe durcir bouche entièrement le tuyau : c'eſt pourquoi il ſeroit à propos dans ces endroits les plus bas d'y faire des ouvertures de tems en tems pour y faire couler l'eau avec violence, qui entraînera avec elle ce limon, pourvû qu'il ne ſoit pas encore pétrifié.

Il arrive encore que ſi l'on eſt obligé de faire paſſer un tuyau par deſſus quelque éminence, il faut faire ſouder à la partie la plus élévée du tuyau de conduite un autre petit tuyau que l'on appelle une ventouſe : ce tuyau a un robinet à une médiocre hauteur par deſſus le tuyau de conduite; on l'ouvre de tems en tems pour faire ſortir l'air, qui étant entraîné avec l'eau s'amaſſe dans la partie ſupérieure du tuyau, & qui étant comprimé par l'eau qui le preſſe, s'échappe par bouillons, & donne des coups ſi violens contre le tuyau de conduite, qu'il y fait très-ſouvent des ouvertures, s'il n'eſt pas aſſez fort pour réſiſter, & enfin il le caſſe s'il eſt d'une matière fragile.

FIN.

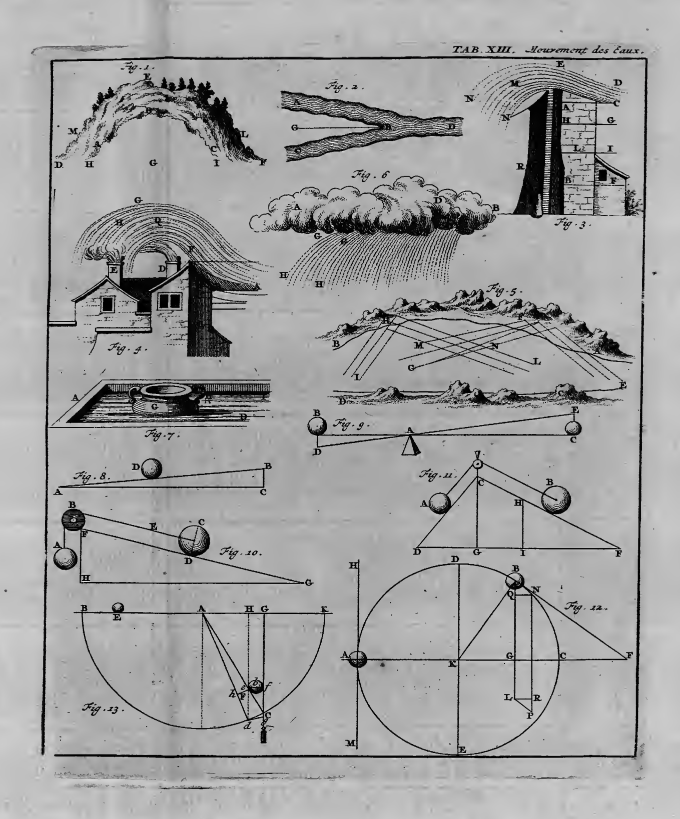

Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.

Fig. 14. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.

Fig. 26.

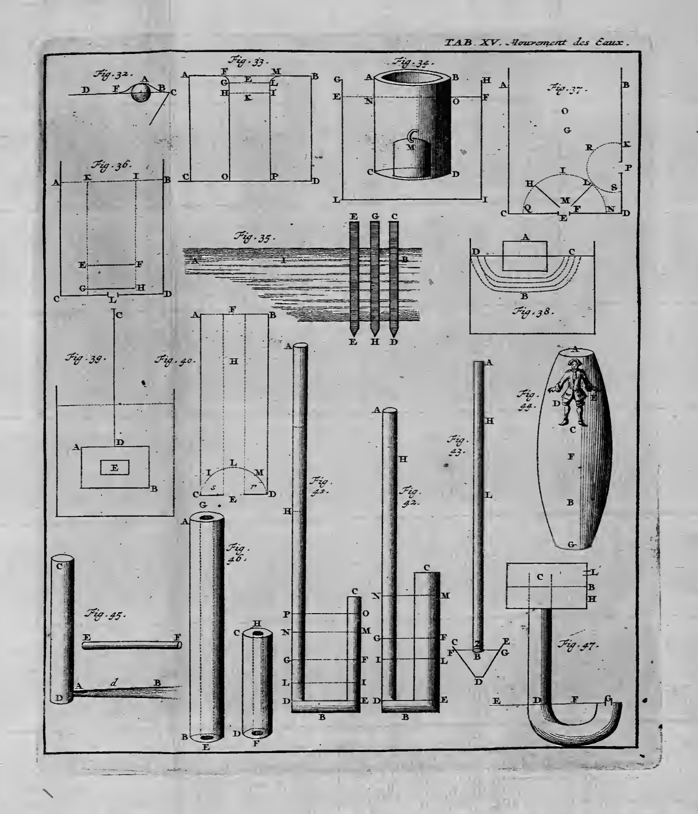
Fig. 27.

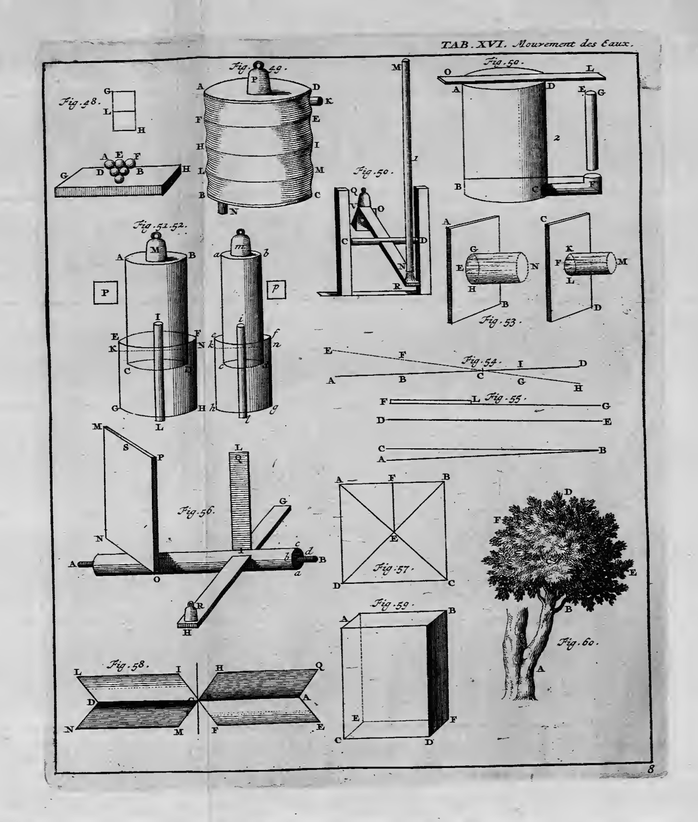
Fig. 28.

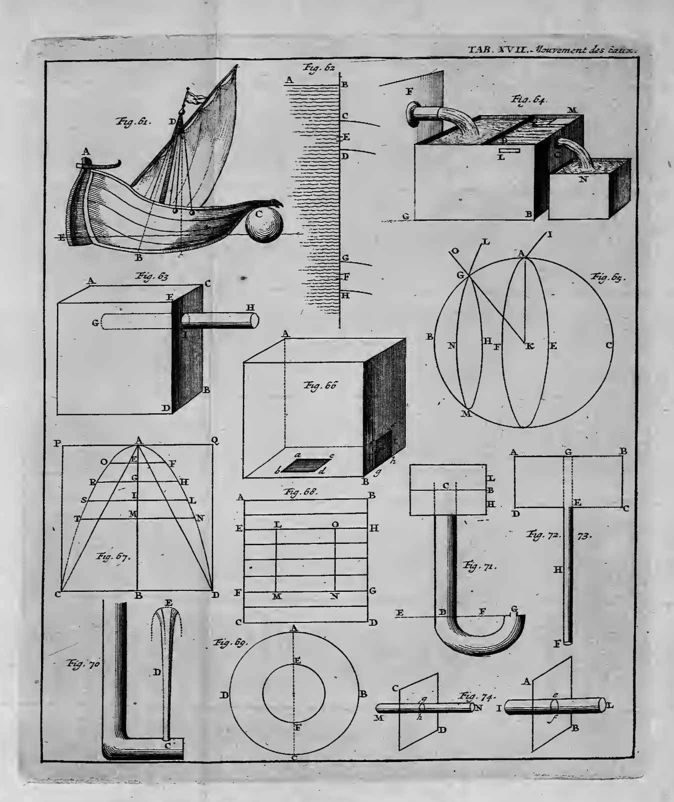
Fig. 29.

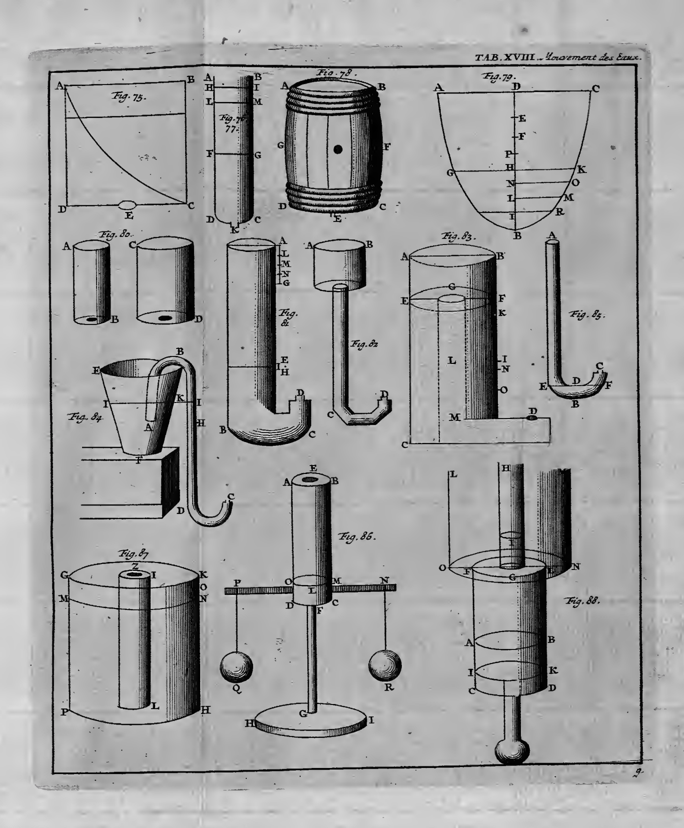
Fig. 30.

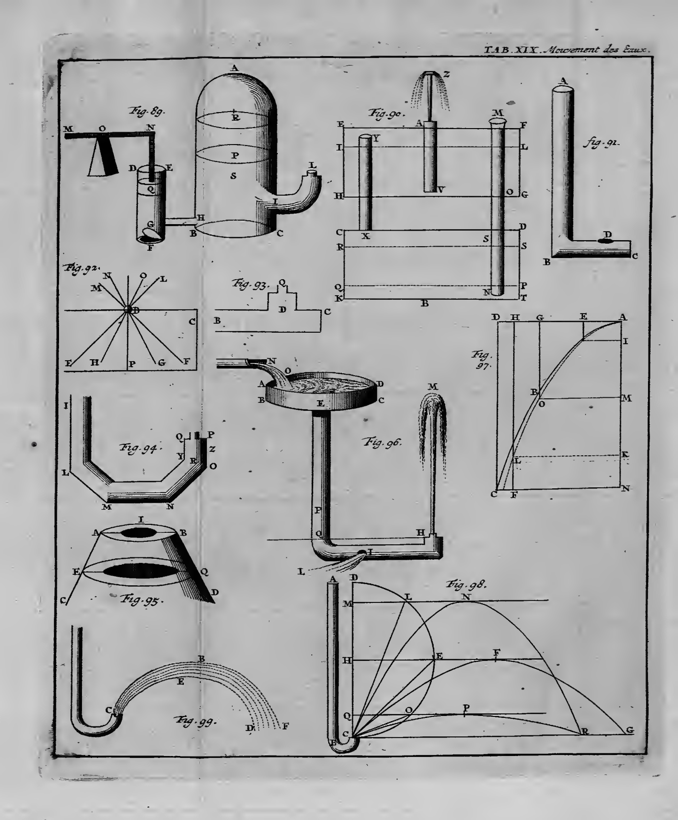
Fig. 31.

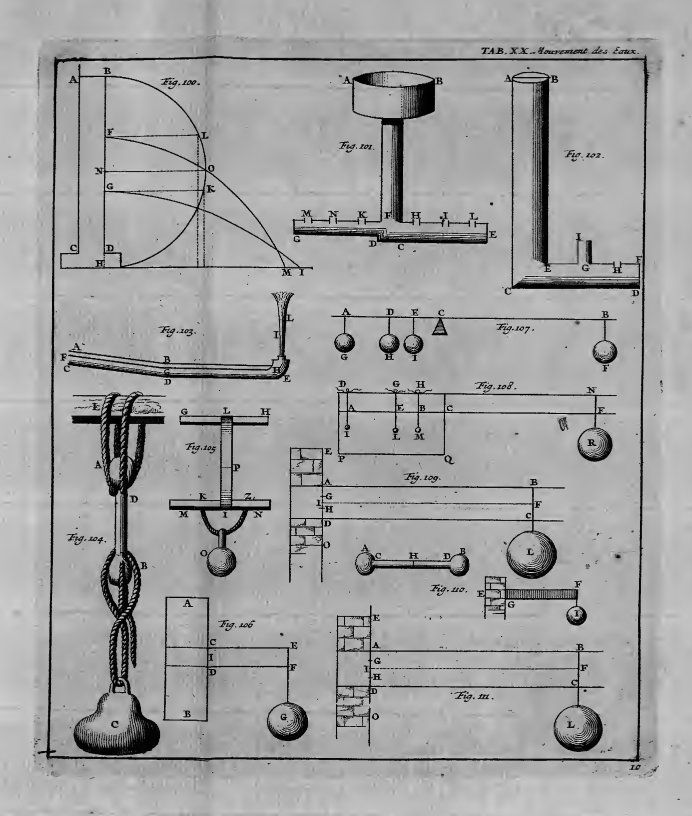

Fig. 32.
Fig. 33.
Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46.
Fig. 47.


Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60.


Fig. 61.
Fig. 62
Fig. 63
Fig. 64.
Fig. 65.
Fig. 66
Fig. 67.
Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 70
Fig. 71.
Fig. 72. 73.
Fig. 74.


Fig. 75.
Fig. 76. 77.
Fig. 78.
Fig. 79.
Fig. 80.
Fig. 81.
Fig. 82
Fig. 83.
Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 86.
Fig. 87
Fig. 88.


Fig. 89.
Fig. 90.
fig. 91.
Fig. 92.
Fig. 93.
Fig. 94.
Fig. 95.
Fig. 96.
Fig. 97.
Fig. 98.
Fig. 99.


Fig. 100.
Fig. 101.
Fig. 102.
Fig. 103.
Fig. 104.
Fig. 105
Fig. 106
Fig. 107.
Fig. 108.
Fig. 109.
Fig. 110.
Fig. 111.

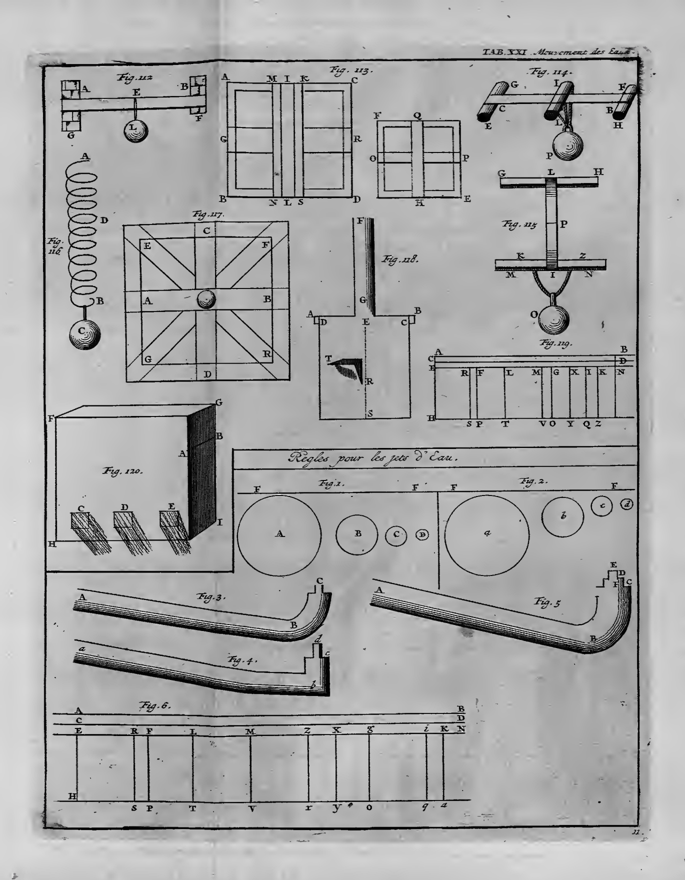

Fig. 112
Fig. 113
Fig. 114
Fig. 115
Fig. 116
Fig. 117
Fig. 118
Fig. 119
Fig. 120
Regles pour les jets d'Eau.
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6

TABLE
DES
PRINCIPALES MATIÈRES
CONTENUES DANS CE TRAITÉ.

PREMIÈRE PARTIE.

De plusieurs propriétez des Corps fluides, de l'origine des Fontaines, & des causes des Vents.

SECONDE PARTIE.

De l'équilibre des Corps fluides.

TROISIÈME PARTIE.

De la mesure des Eaux courantes & jaillissantes.

I. DISCOURS.

II. DISCOURS.

III. DISCOURS.

IV. DISCOURS.

QUATRIÈME PARTIE.

De la hauteur des Jets.

I. DISCOURS.

II. DISCOURS.

CINQUIÈME PARTIE.

De la conduite des eaux, & de la résistance des tuyaux.

I. DISCOURS.

II. DISCOURS.

FIN.



RÉGLES
POUR LES
JETS D'EAU.

Par Mr. MARIOTTE,

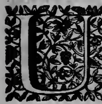
de l'Académie Roïale des Sciences.

AVERTISSEMENT.

Ces Régles des Jets d'eau de Mr. Mariotte *sont tirées en partie de son Traité du* Mouvement des Eaux, *& étoient un Extrait pour l'usage, avec quelques remarques particulières qu'il avoit faites dans le dessein de les présenter à Mr.* de Louvois, *comme on le voit à la fin de la Préface du Recueil de* Divers Ouvrages de Mathématique & de Physique par Mrs. de L'Académie Roïale des Sciences, imprimé à Paris 1693. in folio. *C'est sur l'édition qu'on en trouve dans ledit Recueil, où on les avoit jugé dignes d'être insérées, que je les ai fait imprimer ici, pour donner un volume complet de tout ce qui a paru de notre Auteur.*

RÉGLES POUR LES JETS D'EAU.

DE LA DÉPENSE DE L'EAU QUI SE FAIT PAR DIFFÉRENS AJUTAGES, SELON LES DIVERSES ÉLÉVATIONS DES RÉSERVOIRS.



N pied cube d'eau pése 70 livres, & contient 36 pintes, mesure de *Paris*, lorsqu'elles sont mesurées juste: mais, si l'eau passe les bords de la mesure, comme il se peut faire sans qu'elle se repande, la pinte d'eau pésera alors 2 livres, & 35 feront le pied cube. Le muid de *Paris* contient 280 de ces dernières pintes, & 288 des autres.

Un pouce d'eau est l'eau qui coule par une ouverture circulaire d'un pouce de diamétre posée verticalement en un des côtez d'un baquet, lorsque la surface de l'eau qui fournit à l'écoulement, demeure toûjours au-dessus de l'ouverture à la distance d'une ligne, c'est-à-dire, à 7 lignes au-dessus de son centre, sans s'élever plus haut, ni s'abaisser au-dessous. Il passe en une minute de tems par cette ouverture 28 livres d'eau en 14 pintes pesant chacune deux livres.

Il est vrai qu'à l'endroit de l'ouverture & immédiatement au-dessus, l'eau est plus basse qu'au reste du baquet, où elle doit être élevée d'une ligne plus haut; car, si elle n'étoit qu'à la même hauteur, l'extrémité de la surface de l'eau ne passeroit pas le bord supérieur de l'ouverture en coulant, & elle ne donneroit alors en une minute qu'environ 13 pintes & ½.

Si l'on veut sçavoir ce que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme d'un demi pouce de diamétre, ou d'un quart de pouce; il les faut placer en sorte que leurs centres soient à 7 lignes de la surface de l'eau qui est au-dessus du trou d'un pouce, laquelle est marquée par la ligne F F, comme on le voit dans la 1e. figure, où les centres A B C D des différentes ouvertures sont tous dans une ligne paralTAB. XXI. lele à F F, & non pas comme dans la seconde, où leurs bords supé- Fig. 1, 2. rieurs sont à égales distances de la même ligne F F. Or, si l'ouverture B est de 6 lignes de diamétre, sa surface ne sera que le quart de celle d'un pouce, & elle ne devroit donner que le quart de 14 pintes dans le

le même tems d'une minute; & cependant elle donne le quart de 15 pintes, quoique toute la surface de l'eau du baquet ne soit pas plus haute qu'une ligne au-dessus de l'ouverture d'un pouce; ce qui provient de plusieurs causes qui sont expliquées dans mon Traité du *Mouvement des Eaux*. La principale est, que l'eau ne baisse pas sensiblement au-dessus de ces petits trous, & qu'elle y est de même qu'au reste de la surface: au lieu qu'à l'ouverture d'un pouce, pour faire que le centre soit à 7 lignes au-dessous, il faut que le reste de la superficie de l'eau soit environ à 8 lignes au-dessus de ce centre; car il faut 4 fois autant d'eau pour fournir à l'écoulement de l'ouverture de 12 lignes, qu'à celle de 6 lignes. D'où il arrive que l'eau qui doit succéder à celle qui passe par la grande ouverture, vient de plus loin, & par conséquent elle ne succéde pas avec tant de facilité, & même il n'y en a qu'à une ligne au-dessus, au lieu qu'il y en a quatre lignes au-dessus de la petite ouverture; ce qui facilite la succession de son écoulement. D'ailleurs, les expériences exactes de ces écoulemens sont très-difficiles à faire, & l'on se peut tromper dans la grandeur des ouvertures, dans la hauteur de l'eau du réservoir, & dans le tems de l'écoulement. De plus, les jets d'eau qui jaillissent horisontalement, donnent un peu plus d'eau que ceux qui vont de bas en haut, & un peu moins que ceux qui coulent de haut en bas.

Pour bien déterminer un pouce d'eau, & faciliter les différens calculs selon les différentes ouvertures & dispositions des ajutages, on peut supposer qu'un pouce d'eau donne 14 pintes ou 28 livres d'eau en une minute: & c'est sur ce pied que j'ai fait les calculs suivans:

Si on a un pendule de 3 pieds 8 lignes & demi depuis le point de suspension jusques au centre de la petite balle, il fera une seconde à chaque battement, & une minute en 60 battemens.

Si l'on veut sçavoir sans jauge ce que donne d'eau une médiocre fontaine, il en faut recevoir l'eau dans quelque grand vaisseau; & si en une demi minute ou 30 secondes elle donne 7 pintes, on dira qu'elle donne un pouce d'eau; si elle donne 21 pintes, qu'elle en donne 3 pouces, &c.

Suivant cette détermination, un pouce d'eau donnera 3 muids de *Paris* en une heure, & 72 en 24 heures. Une ligne est la 144e. partie d'un pouce, & elle donne un demi muid en 24 heures; deux ouvertures d'une ligne donneront un muid; & une ouverture de 3 lignes de diamétre, qui font 9 lignes superficielles, donnera 4 muids & demi en 24 heures.

On a trouvé par plusieurs expériences, qu'un réservoir aiant 13 pieds de hauteur au-dessus de l'ouverture d'un ajutage de 3 lignes, donnoit un pouce d'eau, c'est-à-dire, 14 pintes en une minute, jaillissant de bas en haut. C'est ce qu'on prendra pour fondement de la dépense des autres jets d'eau.

Lors-

Lorſque les réſervoirs ſont à même hauteur, & les ajutages différens, ils dépenſent de l'eau ſelon la proportion des ouvertures par où l'eau ſort, ou des quarrez de leurs diamétres. Ainſi, ſi un réſervoir de 12 pieds a un ajutage de 6 lignes de diamétre, il donnera 4 pouces; & ſi ſon ouverture eſt d'un pouce de diamétre, le jet de bas en haut donnera 16 pouces, pourvû que les tuyaux qui portent l'eau, ſoient d'une largeur ſuffiſante, ſelon les régles qui ſeront données ci-après. Pour calculer ces dépenſes d'eau, il faut prendre le quarré de 3, qui eſt 9; & ſi l'ajutage nouveau a 5 lignes de diamétre, il faut faire cette régle de trois: ſi 9, quarré de 3, donne 14 pintes, combien 25, quarré de 5? On trouvera que le 4e. nombre ſera 38 $\frac{8}{9}$, & ainſi des autres ajutages. En voici une Table.

Table des dépenſes d'eau pendant une minute par différens ajutages ronds, l'eau du réſervoir étant à 12 pieds de hauteur.

Par l'ajutage d'une ligne de diamétre	1 pinte $\frac{1}{2}$ & $\frac{1}{18}$.
Par 2 lignes	6 pintes $\frac{2}{9}$.
Par 3 lignes	14 pintes.
Par 4 lignes	25 pintes à peu près.
Par 5 lignes	39 pintes à peu près.
Par 6 lignes	56 pintes.
Par 7 lignes	76 pintes $\frac{1}{4}$.
Par 8 lignes	110 pintes $\frac{2}{3}$.
Par 9 lignes	126 pintes.

Si on diviſe ces nombres par 14, le quotient donnera les pouces d'eau: ainſi 126 pintes diviſées par 14 font 9 pouces. On peut objecter, que dans quelques expériences, les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites; mais cela arrive par des cauſes étrangéres, & bien ſouvent les grandes ouvertures donnent moins à proportion. Voici les expériences que j'en ai faites: J'ai pris un tuyau de 6 pieds de hauteur, & de 6 pouces de diamétre, au fond duquel j'ajuſtai une ouverture de 4 lignes, & une de 12: étant tout plein, on laiſſa aller en même tems les deux ajutages juſques à ce que le tuyau fût vuide à demi; on recevoit en deux vaiſſeaux différens l'eau qui couloit par les deux ouvertures; & au lieu que la grande devoit donner 9 fois autant que la petite, elle n'en donnoit que 8 à peu près.

Lorſque les hauteurs des eaux des réſervoirs ſont différentes, les plus hautes donnent plus que les moins hautes ſelon la raiſon ſous-doublée des hauteurs, c'eſt-à-dire, comme la moindre hauteur à la moïenne proportionnelle entre elle & la plus grande.

Suivant cette régle, ſi la ſurface de l'eau du réſervoir le moins haut eſt de 3 pieds d'élévation, & l'ajutage de 3 lignes, il faut prendre 6 qui eſt le nombre moïen proportionel entre 3 & 12; & parce que 6 eſt à

3 com-

3 comme 14 pintes à 7, on jugera que le réservoir de 3 pieds d'élévation donnera un demi pouce, c'est-à-dire, 7 pintes en une minute par une ouverture de 3 lignes. Si la hauteur étoit de 4 pieds, il faut prendre 48, produit de 4 par 12, dont la racine est 7 à peu près: & comme 12 à 7, ainsi 14 à 8 $\frac{1}{6}$; ce qui fera connoître que ce jet d'eau donnera 8 pintes & $\frac{1}{6}$ en une minute à fort peu près.

Table des dépenses d'eau à différentes élévations de réservoirs, sur 3 lignes d'ajutages en une minute.

A 6 pieds	10 pintes un peu moins.
A 8	11 $\frac{1}{2}$ un peu moins.
A 9	12 $\frac{1}{6}$ un peu moins.
A 10	12 $\frac{5}{6}$ un peu moins.
A 12	14.
A 15	15 $\frac{2}{3}$ un peu moins.
A 18	17'
A 20	18 $\frac{1}{12}$
A 25	20 $\frac{1}{6}$
A 30	22 $\frac{1}{6}$
A 35	24 un peu moins.
A 40	25 $\frac{2}{3}$
A 45	27 $\frac{1}{6}$
A 48	2 pouces ou 28 pintes.

Lorsque les réservoirs ont plus de 50 pieds de hauteur, les ajutages de trois lignes sont trop étroits, & la dépense de l'eau devient sensiblement moindre que selon la proportion sous-doublée de 12 à 60 ou à 80 &c. tant à cause du plus grand frottement à proportion, que de la plus grande résistance de l'air.

Lorsque par le défaut de largeur suffisante des tuyaux de la conduite ou par d'autres empêchemens, l'eau ne jaillit pas si haut qu'elle devroit; il faut calculer la dépense de l'eau selon la hauteur du réservoir qui convient au jet, selon la table suivante: comme, si un réservoir de 45 pieds ne faisoit son jet qu'à 20 pieds, il faudra faire le calcul de la dépense de l'eau, comme si le réservoir étoit à 21 pieds 4 pouces. Les ajutages d'une ligne & demi ne vont pas si haut que ceux de 4 ou 5 lignes à une hauteur de réservoir de 8, 10 ou 12 pieds, &c. mais il ne faut pas laisser de calculer la dépense d'eau suivant la hauteur des réservoirs, quand la conduite de l'eau est libre. Quelquefois, en faisant des expériences, on trouve que les tuyaux étant fort inégaux, les plus grands donnent de l'eau en plus grande raison que la sous-doublée. Mais cela procéde de ce que pour entretenir un jet qui dépense beaucoup d'eau, il faut verser l'eau avec une grande vitesse; ce qui choque l'eau du réservoir, & lui donne une impulsion qui fait aller plus vîte l'eau à

la

la sortie de l'ajutage qu'elle ne feroit par le seul poids.

DE LA HAUTEUR DES JETS.

LA résistance de l'air empêche que les jets ne s'élévent jusqu'à la hauteur des réservoirs; & plus il y a d'air à traverser, plus la différence est considérable. Voici une régle qu'on peut suivre pour sçavoir la diminution des jets jusqu'à la hauteur du réservoir.

Aïez une balle de plomb d'un pouce de diamétre ou environ, & une balle de bois aiant son diamétre à peu près comme celui de l'ouverture, & dont la pesanteur soit fort peu moindre que celle de l'eau, en sorte que nageant par dessus elle soit presque toute cachée: jettez les avec une même force en haut, de manière que la balle de plomb aille jusqu'à la hauteur du réservoir, ou fort près; remarquez jusqu'où ira la balle de bois, ce sera la hauteur du jet à peu près.

L'autre régle par le calcul est que les différences des hauteurs des réservoirs & des hauteurs des jets augmentent en raison doublée de leur hauteur, c'est-à-dire, en la proportion des quarrez de leur hauteur: comme, si le premier jet est de 5 pieds, & que son réservoir soit plus haut d'un pouce, un jet de 10 pieds aura son réservoir plus haut de 4 pouces; car 5 est à 10 comme 1 à 2, & le quarré de 2 est 4: donc, comme 1 est à 4, ainsi 1 pouce à 4 pouces. On suppose que les tuyaux soient suffisamment larges selon les régles qui en seront données.

Table des différentes hauteurs des jets.

Hauteurs des Jets.	*Hauteurs des Réservoirs.*	
5 pieds	5 pieds	1 pouce.
10	10	4
15	15	9
20	21	4
25	22	1
30	33	0
35	39	1
40	45	4
45	51	9
50	58	4
55	65	1
60	72	0
65	79	1
70	86	4
75	93	9
80	101	4
85	109	1

Hauteurs des Jets.	*Hauteurs des Réservoirs.*	
90 pieds	117 pieds	0 pouce.
95	125	1
100	135	4

Le frottement contre les bords des ajutages diminue un peu de cette proportion dans les grandes hauteurs: c'est pourquoi il est nécessaire qu'à ces grandes hauteurs les ajutages soient d'une ouverture de 10 ou 12 lignes; car s'ils étoient de deux ou 3 lignes, ils iroient beaucoup moins haut que selon cette table; outre que l'air résiste beaucoup plus à un petit corps qu'à un plus grand, comme on en voit l'exemple dans les armes à feu, qui poussent bien plus loin une grosse balle qu'une très-petite, comme de la menue dragée ou de la poudre de plomb. Si un tuyau élevé de 136 pieds éléve son jet à 100 pieds l'ajutage étant de 12 lignes; on ne doit pas tirer la même conséquence, qu'un tuyau de 344 pieds, par un même ajutage, éléve son jet à 200 pieds, quoique la hauteur de 344 pieds excéde 200 pieds de 144 quadruple de 36 pieds: dans la vitesse de ces jets l'air résiste si fortement, que l'eau se réduit par le choc en parcelles imperceptibles qui ne peuvent aller bien haut. J'ai expérimenté qu'il faut aussi que les tuyaux aient une largeur considérable jusques à l'ajutage, & d'autant plus grande que l'ajutage est plus large. Voici les régles de ces grandeurs:

Un réservoir de 5 pieds, aiant un ajutage de 6 lignes, doit avoir le tuyau le plus proche de l'ajutage, environ de 2 pouces. La meilleure figure pour la conduite des tuyaux jusques à l'ajutage doit être semblable à la troisième figure ABC; c'est-à-dire, que la courbure en B ne doit pas être en angles droits, comme en la 4ᵉ. figure *abcd*; & dans les médiocres hauteurs jusques à 10 ou 12 pieds, il ne faut point de tuyau long à la sortie, comme *cd*, car le frottement retarderoit le jet très-considérablement; mais il suffit de l'épaisseur du métail, comme en la première figure. Si le réservoir est de 21 pieds 4 pouces de hauteur & l'ouverture de l'ajutage de 6 lignes, le jet n'ira pas à 20 pieds, si le tuyau de la conduite n'est que de 2 pouces, parce que le frottement sera trop grand dans le tuyau étroit, où l'eau coulera deux fois plus vîte que lorsque le réservoir n'est qu'à 5 pieds de hauteur, & par conséquent il faut le tenir plus large, afin que l'eau y aille à peu près de même vitesse: il faut donc au lieu de 2 pouces, qu'il ait 2 pouces $\frac{3}{4}$ à peu près; parce que les vitesses étant en raison sous-doublée des hauteurs, la vitesse de ce dernier jet sera double de l'autre, & par conséquent le quarré du diamétre de la largeur de son tuyau doit être double de l'autre à peu près. C'est sur cette régle qu'est fondée la table suivante.

TAB. XXI. Fig. 3, 4.

Table

Table des largeurs des tuyaux & des différens ajutages selon la hauteur des réservoirs.

Hauteur des Réservoirs.	*Largeur des Ajutages.*	*Largeur des tuyaux.*
A 5 pieds	3, ou 4, ou 5, ou 6 lignes.	22 lignes.
A 10	4 5 6 lignes	25 lignes.
A 15	5 6 lignes	2 pouces $\frac{1}{4}$.
A 20	6 lignes	2 p. $\frac{1}{2}$.
A 25	6	2 p. $\frac{3}{4}$.
A 30	6	3 p.
A 40	7 8 lignes	4 p. $\frac{1}{4}$.
A 50	8 10 lignes	5 p. $\frac{1}{2}$.
A 60	10 12 lignes	5 p. $\frac{3}{4}$ ou 6.
A 80	12 14 lignes	6 p. $\frac{1}{2}$ ou 7.
A 100	12 14 15	7 p. ou 8.

Si le jet de l'eau a 12 lignes d'ajutage, & que le réservoir soit à 84 pieds de hauteur; le jet sera de 65 pieds à peu près. Si les moindres tuyaux près de l'ajutage sont de 7 ou 8 pouces, il donnera 40 pouces à peu près; & par un ajutage de 14 lignes il donnera 54 pouces, qui font 3888 muids en 24 heures: & si le réservoir a 50 pieds en quarré, il faudra qu'il ait environ 13 pieds de hauteur, afin qu'il puisse fournir le jet 24 heures; & pour l'entretenir seulement 12 heures, il suffira qu'il ait 50 pieds en quarré & 10 pieds de hauteur pour contenir 1944 muids. Si les jets d'eau ne vont pas continuellement, & qu'on mette des robinets dans les tuyaux de la conduite, pour arrêter le cours de l'eau quand on veut, il faut que leurs ouvertures soient à peu près de la largeur des tuyaux; car si elles étoient beaucoup plus petites, elles diminueroient la hauteur du jet par le frottement. On peut tenir les tuyaux plus larges en ces endroits, & ajuster les robinets en sorte que leurs ouvertures soient aussi larges que le reste des tuyaux.

Lorsque les réservoirs sont fort élevés, & les tuyaux du bas larges de 5 ou 6 pouces, ils sont en danger de se rompre par le poids de l'eau; & plus ils sont étroits, moins ils se rompent, si les tuyaux sont de même épaisseur. Voici les régles que l'on peut suivre: Supposé qu'un réservoir de 30 pieds ne rompe ou ne désoude point un tuyau de cuivre d'un quart de ligne d'épaisseur, & qu'étant de moindre épaisseur, comme d'un cinquième de ligne, il le puisse rompre. Lorsqu'on élargira les tuyaux sans hausser le réservoir, il faut augmenter l'épaisseur selon la raison des diamétres: car d'un côté, le poids de l'eau est en raison doublée des diamétres; c'est pourquoi, si le diamétre est double, le poids de l'eau sera quadruple, & la circonférence soudée sera double; ce qui rend la résistance double. Donc il ne reste que la simple

raison des diamétres, si on suppose que l'eau par son poids fasse séparer & détacher les parties du métail & de la soudure, comme les parties d'un bâton qu'on tireroit perpendiculairement. Ainsi, si le tuyau est de 6 pouces sur 30 pieds de hauteur, il faut que le métail du tuyau ait une demi ligne d'épaisseur; s'il est d'un pied de largeur, il lui faudra donner une ligne.

Lorsque les réservoirs sont plus hauts, les largeurs des tuyaux demeurant les mêmes, il faut augmenter l'épaisseur du métail à proportion des hauteurs: ainsi, à un réservoir de 60 pieds, le tuyau étant de 3 pouces de largeur, le même doit avoir une demi ligne d'épaisseur; & à un de 120 pieds, il doit avoir une ligne.

Si les tuyaux sont plus hauts & plus larges, il faut considérer les deux proportions. Ainsi, si le tuyau a 60 pieds de hauteur, & que sa largeur soit de 8 pouces, il faudra prendre une demi ligne à cause de la hauteur de 60 pieds; & à l'égard de la largeur, il faut faire cette régle de trois: comme trois pouces sont à 8 pouces, ainsi une demi ligne à $\frac{4}{3}$; ce qui fera voir que le métail devra alors avoir une ligne & un tiers d'épaisseur.

Si on suppose que les soudures soient plus difficiles à séparer, que les parties du métail, on peut considérer la platine de la figure troisième, où est l'ajutage comme la plus foible partie, & comme devant se rompre en son milieu ou proche des bords de la soudure. Et parce qu'une régle de bois appuïée par les deux bouts peut soûtenir dans son milieu un poids double de celui qu'elle soûtiendroit si elle étoit deux fois plus longue; & que si le poids est distribué le long d'une régle en plusieurs petites parties égales, elle en peut soûtenir, sans se rompre, deux fois autant que si tout le poids étoit au milieu: il s'ensuit que si la platine étoit quarrée, & qu'elle pût être chargée d'une eau de 20 pieds de hauteur sans qu'elle se rompît; elle ne pourroit soûtenir que la moité du même poids, si elle étoit deux fois aussi longue sans augmenter sa largeur; mais alors elle seroit chargée de deux fois autant d'eau, & par conséquent elle n'en pourroit soûtenir que le quart; donc selon la doctrine de *Galilée*, il faudroit doubler son épaisseur pour la rendre assez forte. La même chose arriveroit si elle étoit quarrée: car d'un côté, le poids de l'eau seroit double, mais sa résistance seroit aussi doublée; & étant ronde, elle résisteroit aussi à proportion.

Donc, aux tuyaux dont les diamétres sont différens, & les hauteurs égales, il faut augmenter l'épaisseur du métail de la platine où est l'ajutage selon la raison des diamétres, si la platine est la plus foible partie.

Lorsque les conduites des eaux sont fort longues, comme de 1000 toises, le long frottement diminue la hauteur des jets & la dépense de l'eau, principalement si les tuyaux sont trop étroits. Voici les régles qu'on peut suivre:

Si vous avez un réservoir de 80 pieds, & de l'eau suffisante pour faire

six

ſix jets de 9 lignes chacun, il faudra prendre le quarré de 9, qui eſt 81: ſon produit par 6 donne 486, dont la racine quarrée eſt environ 22; ce qui fait connoître que les ſix jets de 9 lignes de diamétre donnent autant qu'un ſeul de 22 lignes. Et parce qu'un jet de 22 lignes de diamêtre donne beaucoup plus que celui d'un pouce; ſçavoir, en la proportion de 484 à 144, quarrez de 22 & de 12; il faut auſſi que la largeur du tuyau ſoit en la même proportion à l'égard des 7 pouces qui conviennent à la hauteur de 80 pieds. Donc, comme 12 à 22, ainſi 7 à 12 $\frac{5}{6}$ à peu près; ce qui fera voir que le grand tuyau juſques aux diſtributions doit avoir 13 pouces de largeur, & chaque tuyau des ſix diſtributions 7 pouces; & en ce cas le jet ira à plus de 60 pieds, & ſi on donne 14 pouces de largeur au grand tuyau, le jet ira à 65 pieds, nonobſtant le long chemin de la conduite. On fera les autres calculs ſuivant ces régles:

Dans les jets fort hauts & fort gros, il faut diſpoſer les derniers tuyaux & leurs ajutages à peu près ſelon la figure 5e. ABCD: car, ſuppoſé que le tuyau ABC ait 7 pouces de largeur, il faudra le retrécir de moitié, & donner à FD 3 ou 4 pouces de hauteur, & faire un ſecond retréciſſement juſques à la largeur de l'ajutage: & ſi ſon ouverture eſt d'un pouce de largeur, & qu'il doive jaillir à 50 ou 60 pieds, il ſuffira que la hauteur de l'ajutage ſoit de 6 lignes à angles droits pour diriger le jet; & s'il n'alloit qu'a 50 pieds, il ſuffiroit qu'il fût de 3 ou 4 lignes: car plus DE ſera haut, plus la hauteur du jet diminuera, & plus l'ajutage ſera poli, plus le jet ſera beau. TAB. XXI. Fig. 5.

Pour partager l'eau en divers jets & ſçavoir combien on en donnera à chacun; ce qui peut auſſi ſervir à la diſtribution qu'on fait à pluſieurs Particuliers, de l'eau d'une ſource; il faut avoir une jauge, dont les ouvertures ſoient quarrées & non rondes. Comme, ſi AB, en la figure 6e, eſt le haut du vaiſſeau qui ſert de jauge, & CD la hauteur de l'eau; il faudra placer les trous quarrez environ deux lignes au-deſſous de la ſurface CD, ſelon une ligne droite horiſontale EN. Or ſi on la diviſe en pluſieurs quarrez d'un pouce de hauteur, comme EFPH, ils donneront plus d'un pouce: car, ſi les circulaires donnent 14 pintes en une minute, les quarrez en donneront une quantité qui ſera à 14 comme 14 à 11, laquelle proportion de 14 à 11 eſt à peu près celle du quarré au cercle qui a même largeur. Si donc un pouce rond donne 14 pintes en une minute, un pouce quarré donnera un peu moins de 18 pintes; car 11 eſt à 14 comme 14 pintes à 17 $\frac{9}{11}$. Il faudra donc diviſer EF en 14 parties égales; & ſi ER contient 11 de ces parties, le quarré long ERSH ſera à fort peu près égal à un pouce circulaire, & il donnera un pouce, c'eſt-à-dire, 14 pintes en une minute, ſi l'eau du baquet qui ſert de jauge, demeure à la hauteur CD. On fera pluſieurs figures de ſuite égales à ERSH ſous la même ligne, comme RLTS, LMVT, &c. Si on veut donner un demi pouce, il faudra diviſer TAB. XXI. Fig. 6.

un de ses quarrez longs, comme *zrog*, par la moitié par la ligne XY; & elle donnera un demi pouce, c'est-à-dire, 7 pintes en une minute, & en toutes les autres divisions de même, en prenant le tiers comme *ikaq*, ou le quart, &c. Il y aura encore cet avantage, que si les eaux qui fournissent l'écoulement, diminuent, & qu'en coulant elles ne remplissent que le tiers, ou la moitié, ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les Particuliers perdront à proportion; ce qu'on ne peut faire quand les trous sont ronds; & s'il y a un peu plus de frottement, à proportion, dans les petites ouvertures que dans les grandes, cela sera recompensé, en ce que l'eau succéde mieux à un petit écoulement qu'à un grand. Si on veut donner 3 ou 4 pouces, on prendra 3 ou 4 ouvertures entières, égales chacune à ERSH, comme EMVH, pour 3 pouces.

Ces régles peuvent servir à toutes les autres difficultez qu'on pourra avoir touchant les jets d'eau. Comme, si on a un réservoir ou une source élevée de 40 pieds au-dessus de l'ajutage qui puisse fournir 20 pouces, & qu'on la veuille toute emploïer en un seul jet, il faudra regarder la Table, & on trouvera qu'un ajutage de 3 lignes, aiant son réservoir à 40 pieds, donne 25 pintes $\frac{2}{3}$ en une minute: ensuite on fera cette régle de trois, si 25 pintes $\frac{2}{3}$ me viennent de 9 quarré de 3, que me donneront 280 pintes que 20 pouces donnent en une minute? on trouvera 98 $\frac{2}{11}$ pour le quotient, dont la racine quarrée est 10 à peu près; ce qui fera connoître que l'ajutage doit être de 10 lignes de diamétre à fort peu près, & que ce jet, qui s'élévera environ à 35 pieds, emploïera les 20 pouces coulant continuellement. Mais, si on se contente que le jet aille seulement le jour 12 heures de suite, on pourra laisser remplir pendant la nuit un grand réservoir qui contienne 720 muids, & on aura assez d'eau pour un jet de 14 lignes, ou pour deux d'environ 10 lignes, chacun pour 12 heures de suite.

F I N.



NOU-

NOUVELLE DECOUVERTE

TOUCHANT

LA VÛË,

contenue en plusieurs Lettres

écrites

Par Messrs. MARIOTTE, PECQUET & PERRAULT,

de l'Académie Roïale des Sciences.

Nouvelle Edition, revûe & corrigée.

LETTRE
DE
MONSIEUR MARIOTTE
A
MONSIEUR PECQUET.

MONSIEUR,

Pour ce qui est de mon observation touchant le défaut de vision, qui arrive quand la peinture d'un objet tombe justement sur le Nerf-optique; je vous dirai qu'il y a long-tems que la curiosité de sçavoir si la vision étoit plus ou moins forte à l'endroit du Nerf-optique, me fit faire une remarque curieuse, à laquelle je ne m'attendois pas. Je tenois pour certain que la vision se faisoit par la reception des rayons qui font la peinture des objets au fond de l'œil, & que cette peinture étoit dans une situation renversée & opposée à celle des objets qu'elle représente. J'avois d'ailleurs souvent observé par l'Anatomie tant des hommes que des animaux, que jamais le Nerf-optique ne répond justement au milieu du fond de l'œil, c'est-à-dire, à l'endroit où se fait la peinture des objets qu'on regarde directement; & que dans l'homme il est un peu plus haut, & à côté tirant vers le Nez. Pour faire donc tomber les rayons d'un objet sur le Nerf-optique de mon œil, & éprouver ce qui en arriveroit, j'attachai sur un fond obscur, environ à la hauteur de mes yeux, un petit rond de papier blanc, pour me servir de point de vûë fixe; & cependant j'en fis tenir un autre à côté vers ma droite, à la distance d'environ deux pieds, mais un peu plus bas que le premier, afin qu'il pût donner sur le Nerf-optique de mon œil droit, pendant que je tiendrois le gauche fermé. Je me plaçai vis-à-vis du premier papier, & m'en éloignai peu à peu, tenant toûjours mon œil droit arrêté dessus; & lorsque je fus à la distance d'environ neuf pieds, le second papier qui étoit grand de près de quatre pouces, me disparut entièrement. Cependant je ne pouvois pas attribuer cela à l'obliquité de cet objet, d'autant que je remarquois d'autres

tres objets qui étoient encore plus à côté; de ſorte que j'euſſe pu croire, qu'on me l'avoit ſubtilement ôté, ſi je ne l'euſſe retrouvé en remuant tant ſoit peu mon œil. Mais auſſi-tôt que je venois à regarder fixement mon premier papier, cet autre qui étoit à droite, diſparoiſſoit à l'inſtant; & pour le retrouver ſans remuer l'œil, il faloit un peu changer de place. Je fis enſuite la même expérience en d'autres diſtances, éloignant ou approchant les papiers l'un de l'autre à proportion. Je la fis encore avec l'œil gauche, en tenant le droit fermé, après avoir fait porter le papier à la gauche de mon point de vûë: de ſorte que par la ſituation des parties de l'œil, il n'y a pas lieu de douter que ce ne ſoit ſur le Nerf-optique que ſe fait ce défaut de viſion. Et c'eſt une choſe très-ſurprenante, que lorſque par cette manière on perd de vûë un rond de papier noir attaché ſur un fond blanc, on n'apperçoit aucun ombrage ou obſcurité à l'endroit où eſt le papier noir, mais le fond paroît blanc en toute ſon étenduë.

Je communiquai la découverte de ce défaut de viſion à pluſieurs de mes Amis, à qui la même choſe arriva, mais non pas toûjours ſi préciſément à même diſtance; & j'attribuai cette diverſité à la différente ſituation de leur Nerf-optique. Le R. P. de Billy fut un des premiers à qui je fis part de cette expérience. Vous l'avez faite vous-même dans la Bibliothéque du Roi, où je la fis voir à Meſſieurs de votre Aſſemblée; & vous remarquâtes comme moi cette diverſité, y en aiant eu quelques-uns, qui dans les diſtances que j'ai dites, perdirent de vûë un papier grand de huit pouces, & d'autres qui ne ceſſérent de le voir, que lorſqu'il fut un peu plus petit; ce qui ne peut venir que des différentes groſſeurs du Nerf-optique en différens yeux.

Cette expérience ainſi confirmée m'a depuis donné lieu de douter que la viſion ſe fît dans la Rétine comme je l'avois cru ſuivant l'opinion la plus commune, & m'a fait conjecturer, que c'étoit plûtôt dans cette autre membrane qu'on voit au fond de l'œil au travers de la Rétine, & qu'on appelle Choroïde: car ſi c'étoit dans la Rétine, il ſemble que la viſion ſe devroit faire par-tout, où cette Rétine ſe rencontre; & comme elle couvre tout le nerf, auſſi-bien que le reſte du fond de l'œil, il n'y auroit pas de raiſon pourquoi il ne ſe feroit point de viſion à l'endroit du Nerf-optique où elle eſt: au contraire, ſi c'eſt dans la Choroïde, on verra clairement que la raiſon pour laquelle la viſion ne ſe fait point à l'endroit du Nerf-optique, eſt parce que cette membrane part des bords de ce nerf, & n'en couvre point le milieu, comme elle fait le reſte du fond de l'œil.

Vous ſçavez les autres raiſons que j'ai déduites dans un écrit, que j'ai laiſſé dans votre Aſſemblée, & que vous pouvez revoir, leſquelles me font conclure plûtôt en faveur de la Choroïde, que de la Rétine. Vous me ferez plaiſir de m'en dire librement votre ſentiment, comme n'étant pas de ceux qui veulent donner des conjectures pour des démonſ-

trations. Je continue à faire des recherches sur cette matière; si je rencontre quelque chose digne de vous, je vous le ferai sçavoir, &c.

A Dijon, ce ....1668.

RÉPONSE
DE
MONSIEUR PECQUET
A LA LETTRE DE
MONSIEUR MARIOTTE.

MONSIEUR,

J'ai reçû avec beaucoup de joie la lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire au sujet de votre observation, touchant le défaut de vision qui arrive quand la peinture d'un objet tombe justement sur le Nerf-optique. J'en ai fait part à nos Curieux, qui en ont été très-satisfaits. Chacun s'est étonné de voir que personne avant vous ne se soit apperçû de ce défaut de vision, que tout le monde expérimente depuis que vous en avez donné la connoissance: car lorsque nous regardons une étoile, nous en perdons souvent de vûë une autre qui est à côté, & nous perdons même la lune toute entière, qui nous disparoîtroit encore, quand elle seroit de beaucoup plus grande qu'elle n'est. Le hazard fait quelquefois trouver ce qu'on ne cherchoit point; je lui suis redevable de beaucoup de nouveautez. Mais il y a peu de gens qui en trouvent, comme vous, en les cherchant: il faut avoir pour cela un génie comme le vôtre, & des yeux aussi clair-voïans que vous en avez.

J'ai lû vos sentimens touchant la Choroïde. J'ai examiné les raisons qui vous portent à croire que cette membrane est *le principal organe de la Vision.* J'ai même relû l'écrit que vous laissâtes, avant votre départ, en la Bibliothéque du Roi: & je n'ai rien trouvé qui m'ait paru assez convaincant pour abandonner le parti de la Rétine. Et puisque vous voulez que je vous en dise librement ma pensée, je vous prie de la recevoir, comme un effet de ma sincérité, & du désir que j'ai de rechercher la vérité.

Pour

Pour ôter à la Rétine l'avantage qu'on lui donne ordinairement d'être le principal organe de la vision, vous dites dans votre écrit, *qu'elle est transparente, & qu'elle ne reçoit que très-peu d'impression de la lumière, non plus que les corps diaphanes, tels que sont l'air & l'eau: & qu'au contraire, les corps noirs & opaques, comme est la Choroïde, sont facilement échauffés par la lumière.*

Je demeure d'accord que la Rétine a quelque transparence. On voit au travers de cette membrane les couleurs de la Choroïde, quand elle lui est contigue: mais il n'y a point de comparaison à faire avec l'air ni avec l'eau; la transparence de la Rétine étant presque semblable à celle du papier huilé, & un peu moindre que celle de la corne qui sert aux lanternes. Elle est blanche, & sa blancheur la rend assez opaque pour arrêter les espéces des objets autant qu'il est nécessaire pour la vision, qui ne se pourroit pas faire assez distinctement dans la Choroïde au travers de la Rétine: car s'il faloit que les espéces passassent jusqu'à la Choroïde, l'opacité de la Rétine seroit aussi nuisible à la vision, que s'il se rencontroit une semblable opacité dans la Cornée, dans le Cristallin, ou dans les autres humeurs de l'œil, que la nature a fait diaphanes, pour laisser passer les espéces jusqu'à l'organe de la vûë.

Il est aisé de remarquer l'opacité de la Rétine. Il faut avoir un œil bien frais, couper doucement la Sclérotique & la Choroïde, les lever adroitement, & laisser la Rétine étendue sur l'humeur vitrée; & alors on ne voit pas bien au travers de cette membrane. L'opacité de la Rétine se réconnoît encore, quand on la plonge dans l'eau, car elle s'y voit toute blanche, & presque sans transparence.

La noirceur de la Choroïde, que vous jugez nécessaire pour la vision, ne se rencontre pas également en toutes sortes d'yeux. On la trouve à la vérité aux yeux des hommes: mais le degré de noirceur y est différent, suivant la diversité des individus. Il en est de même des yeux des oiseaux, & de quelques autres animaux, où cette noirceur se rencontre; mais aux yeux des lions, des chameaux, des ours, des bœufs, des cerfs, des brebis, des chiens, des chats, & de beaucoup d'autres animaux, nous voïons souvent des couleurs aussi vives que celles de la nacre-de-perle & de l'iris, qui forment une manière de tapis dans le fond de la Choroïde, au lieu le plus exposé aux rayons visuels. Et quand nous ratissons doucement ces couleurs avec un scalpel, nous découvrons une substance blanche, dont cette partie est enduite de telle sorte, qu'elle ne peut permettre aux espéces des objets de passer jusqu'au noir de la Choroïde, afin d'y faire l'impression que vous demandez pour y produire la vision: & il semble que ce noir n'a point d'usage plus considérable que celui d'empêcher que la lumière n'entre dans l'œil par un autre endroit que par le trou de l'Uvée antérieure, c'est-à-dire, par la Prunelle. Car si cette noirceur n'étoit pas en la Choroïde, comme un rideau derrière toute la Sclérotique; la lu-

lumière entreroit au travers de cette Sclérotique, comme au travers d'un parchemin, & allant jusqu'au fond de l'œil effacer les espéces des objets, empêcheroit par ce moïen la vision de se faire.

Les poissons ont aussi au fond de la Choroïde une couleur fort éclatante, mais d'une autre sorte. Elle paroît comme sont les brillans d'argenterie, ou le luste des perles orientales.

Cette varieté de couleurs ne se rencontre point dans la Rétine. Elle garde en toutes sortes d'yeux sa blancheur & son opacité; & c'est ce qui me persuade qu'elle est plus propre à la vision que n'est la Choroïde: car l'uniformité & l'indifférence qu'elle a pour toutes les couleurs, lui donne la facilité de recevoir l'impression de leurs différences; ce que ne peut faire cette multitude de couleurs qui se trouve au fond de la Choroïde, laquelle se mêlant avec celles qui viennent des objets, ne pourroit porter au sens de la vûë qu'une très-grande confusion.

Quand vous dites que les corps noirs reçoivent beaucoup plus d'impression de la lumière que les blancs; cela se doit entendre lorsque cette lumière est reçûe immédiatement sur un corps noir, & sans qu'il y ait aucun milieu qui puisse affoiblir ses rayons. Le papier noir exposé au foyer d'un miroir-ardant, est brûlé presqu'en un moment. Le blanc ne se brûle que difficilement, si la lumière n'y rencontre quelque noirceur, ou quelque ordure, & quand le papier noir est appliqué derrière le blanc, il ne reçoit qu'une légére impression de chaleur qui ne le brûle pas. Mais il ne s'agit pas ici de cette impression de chaleur, ni de toutes les autres impressions que la lumière peut produire: il s'agit seulement de celle qui se fait en la représentation distincte des objets, qui n'a pas besoin de chaleur, mais seulement d'une lumière moderée pour l'éclairer; ce qui ne se peut pas si bien faire sur la Choroïde, que sur la Rétine qui fait obstacle à la Choroïde, & qui n'en a aucun devant elle, quand la Cornée & les humeurs de l'œil ne sont point altérées.

Vous ajoûtez dans vôtre écrit, *Que la Rétine ne pénétre point dans le cerveau, comme fait la Choroïde, qui enveloppe le Nerf-optique au-delà de l'œil, & l'accompagne jusqu'au milieu du cerveau.*

Ce discours m'a un peu surpris: car la Rétine, comme vous sçavez, prend son origine de toute l'extrémité du Nerf-optique qui aboutit au fond de l'œil, de même qu'une fleur vient de toute l'extrémité de sa tige. Elle est composée de filamens fort déliés, qui ne peuvent venir que de ceux du nerf. Ces filamens paroissent aisément dans l'eau, quand on y plonge cette membrane; car ils sont plus opaques que l'eau & que la Tunique muqueuse dont ils sont enveloppés, laquelle disparoît dans l'eau. Ce sont ces filamens qui lui ont fait donner le nom de Rétine, s'il en faut croire les Anatomistes. Elle a des veines & des artéres qui se glissent entre ces filamens, & qui ne sont couvertes que de la Tunique muqueuse, qui les tient liées ensemble. Et d'autant que

cette Tunique muqueuſe eſt tranſparente, elle n'empêche point de voir ces vaiſſeaux quand ils ſont pleins de ſang, comme s'ils n'étoient revêtus que de leur propre membrane.

De cette compoſition & de cette origine de la Rétine, il eſt aiſé de juger quelle continuïté elle doit avoir avec le cerveau; puiſque par le moïen du Nerf-optique, dont on peut dire qu'elle eſt une production, elle tire ſa premiére origine de la principale partie du cerveau, qui eſt cette tubéroſité qui fait le haut de la moëlle de l'épine, d'où partent les principaux nerfs qui ſervent à nos ſens.

La Choroïde n'a pas cet avantage. Elle eſt compoſée à la vérité de la Pie-mére, & cette Pie-mére lui peut bien donner un ſentiment de douleur, qui eſt commun à toutes les membranes; mais non pas celui de la vûë, qui demande une autre impreſſion que celle qui fait la douleur. La membrane que la Pie-mére donne à la Choroïde, doit être diaphane, comme cette Pie-mére l'eſt au-delà de l'œil, & dans le cerveau; & elle doit par conſéquent laiſſer paſſer les rayons viſuels juſqu'aux vaiſſeaux qui l'enveloppent, & qui ſont la noirceur qu'on voit en la Choroïde à cauſe du ſang qu'ils contiennent. Mais ces vaiſſeaux qui viennent du cœur, n'ont aucune aptitude pour la viſion, qui ne ſe peut faire ſans communication avec le cerveau. Ces vaiſſeaux prennent leur origine des artéres Carotides & de la Jugulaire interne; & paſſant au travers de la Sclérotique, qu'ils percent en divers endroits, ils la tiennent attachée & comme couſue avec la Choroïde, qu'ils rendent opaque, & qu'ils ſont reſſembler au *Chorium*, ou au *Placenta* du *Fœtus*; d'où les Anatomiſtes lui ont donné le nom de Choroïde. Parmi ces veines & ces artéres il y a auſſi quelques filamens de nerfs qui viennent des moteurs de l'œil; mais ils ne ſont pas pour ſervir à la viſion: de ſorte que je ne vois encore rien dans la Choroïde, qui lui donne autant de communication avec le cerveau, qu'en a la Rétine, laquelle ne prend ſon origine que du Nerf-optique.

Vous jugez bien par ce diſcours, que je n'ai pas de peine à croire que la Choroïde eſt rendue opaque par les vaiſſeaux qui l'environnent; parce que ces vaiſſeaux ſont au-dedans de la Sclérotique, comme un rideau fort noir qui arrête la lumiére, & l'empêche de paſſer juſqu'à cette membrane déliée, qui fait ce que vous appellez Choroïde. Je ne nie pas non plus, que cette noirceur ne pût recevoir l'impreſſion de la lumiére, ſi la meilleure partie des eſpéces n'étoit arrêtée par l'opacité de la Rétine, qui eſt ſuffiſante pour retenir l'image des objets; comme nous voïons qu'elle fait quand nous regardons dans un œil recent, au haut duquel on a fait ouverture, afin d'obſerver ce qui ſe paſſe au dedans. Car nous voïons au travers des humeurs, que l'image des objets ſe peint diſtinctément ſur la ſurface antérieure de la Rétine. Nous le voïons encore mieux, quand cette ouverture eſt faite au fond de l'œil à l'oppoſite de la Prunelle, & qu'on a ſeulement laiſſé

la

la Rétine étendue sur les humeurs: car cet œil étant appliqué au trou d'une chambre obscure, nous voïons les images des objets arrêtées sur la Rétine, comme nous les voïons sur un papier huilé. Et c'est ce qui m'a empêché jusqu'à present d'abandonner son parti pour prendre celui de la Choroïde, jusqu'à ce que je sois convaincu par de meilleures raisons. Mais passons aux autres argumens dont vous vous servez dans votre écrit.

Vous dites, *Qu'il est nécessaire, pour faire la vision distincte, que les rayons qui viennent à l'œil de chaque point de l'objet, s'unissent en un point sur l'organe; & que la Rétine étant épaisse d'une demi ligne, si les rayons s'unissent en sa surface contigue à l'humeur vitrée, ils s'entrecouperont, & tomberont en divers points, sur son autre surface, laquelle est contigue à la Choroïde; & s'ils s'unissent sur cette autre surface, ils auront passé par divers points de l'autre. Que s'ils s'unissent entre ces deux surfaces, au-dedans de l'épaisseur de la Rétine, ils tomberont en divers points sur les deux surfaces; & en toutes ces manières il se fera une vision confuse: au lieu que la Choroïde étant fort déliée & opaque, elle peut recevoir en un point les rayons d'un même point lumineux.*

Je conviens avec vous, *Qu'il est nécessaire pour faire la vision distincte, que les rayons qui viennent à l'œil de chaque point de l'objet, s'unissent en un point sur l'organe.* Mais vous devez aussi convenir avec moi, que ce point n'est pas un point Mathématique, mais un point Physique, qui a de la grandeur, & même une grandeur considérable, puisque dans la plus petite partie d'un objet que nos yeux puissent voir, nous en découvrons beaucoup d'autres avec le microscope, & nous pouvons dire alors, que nous voïons l'objet beaucoup plus distinctement qu'auparavant, quoiqu'il ne nous parût aucunement coufus. D'où il est évident, que si ce point tombe sur la Rétine, il couvrira autant d'espace en la surface de cette membrane, qu'il sera gros; & que s'il tombe dans l'épaisseur de la Rétine, il occupera du moins toute cette épaisseur, principalement dans l'œil de l'homme, où la Rétine n'est guéres plus épaisse qu'une feuille de papier commun, dont il faut près de vingt épaisseurs pour faire une ligne. Car quand vous dites que la Rétine *est épaisse d'une demi-ligne*, je ne pense pas que vous entendiez parler de celle des yeux de l'homme; & je ne sçai pas même en quels animaux elle a tant d'épaisseur, puisque les bœufs, les chevaux, les cerfs, les lions, les ours, les sangliers, les pourceaux, les brebis, les chiens, & les autres grands animaux, qui sont venus jusqu'à present à ma connoissance, n'ont pas la Rétine plus épaisse que trois, ou quatre feuilles de papier, qui ne font pas un quart de ligne. Ainsi je ne void pas que tout votre discours puisse jusques ici donner atteinte à l'opinion de ceux qui tiennent que la Rétine est le principal organe de la vûë.

Mais quand je vous accorderois que la Rétine auroit autant d'épais-

 seur

ſeur que vous lui en donnez; cette épaiſſeur ne ſerviroit qu'à la rendre plus blanche & plus opaque, & à laiſſer moins de rayons juſqu'à la Choroïde, qui deviendroit par ce moïen moins propre à être l'organe de la vûë.

Vous ajoûtez, *Que la Choroïde étant fort déliée & opaque, elle peut recevoir en un point les rayons d'un même point lumineux.* Je n'en douterois nullement, quand même elle ſeroit fort épaiſſe, ſi la Rétine, qui a beaucoup d'opacité, ne lui faiſoit point d'obſtacle: mais je ſuis convaincu que cette opacité de la Rétine peut arrêter l'image des objets, & les empêcher de paſſer, ſi ce n'eſt peut-être très-foiblement, juſqu'à la Choroïde; & je ne puis m'en départir que vous n'aïez démontré le contraire. Mais venons au plus fort de vos raiſonnemens, qui eſt fondé ſur le défaut de viſion, qui arrive en l'expérience que vous nous avez fait voir.

Il s'enſuit, dites-vous, *de cette expérience, que puiſque la viſion ſe fait par-tout où eſt la Choroïde, & qu'il ne ſe fait point de viſion où la Choroïde n'eſt pas, quoique la Rétine y ſoit; cette Choroïde eſt le principal organe de la viſion, & non pas la Rétine.*

Je ſçai que la Choroïde n'eſt point étendue ſur l'extrémité du Nerf-optique. Elle eſt percée au fond de l'œil pour y laiſſer entrer ce nerf, afin de donner la naiſſance à la Rétine, qui n'eſt qu'un épanchement des filamens qui lui viennent du nerf, enveloppés d'une membrane muqueuſe, laquelle eſt arroſée par des vaiſſeaux qui lui viennent auſſi du même nerf ou de ſa circonférence.

Je conçois au ſortir du nerf l'épanchement de ces filamens, comme celui des fibres qui ſortent de la tige d'une plante, & s'étendent de toutes parts pour former une fleur au bout de cette tige: & je conçois au milieu de l'épanchement de ces filamens un point qui doit être le centre de cet épanchement; de même qu'au milieu d'une houpe à poudrer qui eſt renverſée, & dont les fils ſont épars de tous côtez, il y a un point qui eſt le centre de tous ces fils.

Cet épanchement des filamens qui compoſent la Rétine, ſe peut concevoir en deux manières. La première eſt en s'imaginant que tous les filamens qui ſont les plus proches du centre du Nerf-optique, vont aboutir préciſément à ſa circonférence, après l'avoir également couverte en s'épanchant de tous côtez, ſans qu'aucun de ces filamens aboutiſſe dans l'étenduë du nerf, avant que d'être arrivé à ſa circonférence; & que les autres filamens du Nerf-optique vont aboutir plus loin dans toute l'étenduë de la Rétine, à proportion qu'ils ſont éloignés du centre du nerf, quand ils en ſortent; & qu'ainſi toute la ſurface interne de la Rétine eſt compoſée de l'aboutiſſement de tous ces filamens, à la réſerve de l'étenduë de cette extrémité du nerf où n'aboutit aucun filament. Cela étant conçû de la ſorte, ſi l'on ſuppoſe, comme font quelques-uns de nos Philoſophes modernes, que la viſion ne

ne se fait que lorsque les rayons visuels tombent sur l'extrémité de quelqu'un de ces filamens; on pourra rendre raison de votre expérience. Car toute l'étenduë de cette extrémité du nerf n'aiant aucun aboutissement des filamens depuis son centre jusqu'à sa circonférence, ne recevra l'impression des rayons visuels nécessaire à la vision, que sur cette circonférence; ce qui sera cause qu'on ne verra point l'objet dont les espéces tomberont au dedans de la même circonférence. Mais d'autant que cet aboutissement des filamens de la Rétine est peut-être un effet de l'imagination aussi-tôt que de la nature, n'y aiant pas trop de raison de ne faire aboutir aucun filament entre le centre du nerf & sa circonférence & même dans le milieu du centre; je ne void pas assez de certitude en cette opinion, pour être obligé de la suivre.

L'autre manière de concevoir l'épanchement des filamens de la Rétine est de se les imaginer allant tous aboutir aux extrémitez de cette tunique, comme font les fibres de la plante aux extrémitez de sa fleur, ou comme les fils d'une houpe renversée aux extrémitez de l'étenduë de cette houpe: auquel cas il faut de nécessité qu'on s'imagine au milieu de ces filamens un point d'où ils commencent de s'écarter, & qu'on y conçoive quelque profondeur semblable à celle qu'on voit au milieu de la houpe. Et si l'on considére de quelle façon les rayons visuels tombent à l'endroit de ce point & aux environs, lorsqu'on fait votre expérience; on trouvera qu'ils y tombent d'une autre manière qu'aux endroits de ces mêmes filamens où la vision se fait: car ceux-ci sont frappés directement, & ceux qui sont aux environs du point à l'endroit le plus profond, ne sont point du-tout frappés, ou ils le sont si obliquement, que cela pourroit causer le défaut de vision, principalement quand l'objet n'est pas trop lumineux; car ceux qui le sont, comme est une chandelle lorsqu'on la voit éloignée de quatre ou cinq pas, ne se perdent pas si absolument qu'on n'en apperçoive la lumière.

Mais il y a encore à l'endroit du Nerf-optique une chose, qui pourroit bien causer cette perte d'objet. Ce sont les vaisseaux de la Rétine, dont les troncs sont assez gros pour faire obstacle à la vision.

Ces vaisseaux, qui ne sont que des rameaux de veines & d'artéres, tirent leur origine du cœur; & n'aiant point de communication avec le cerveau, n'y peuvent pas porter les espéces des objets. Si donc les rayons visuels qui partent d'un objet, tombent sur ces vaisseaux à l'endroit de leur tronc; il est constant que l'impression qu'ils y feront, ne produira point de vision, & que la peinture de cet objet y sera défectueuse, comme il arrive sur le papier blanc dans une chambre obscure, quand il y a en ce papier quelque tache noire ou quelque trou d'une grandeur considérable; car plus cette noirceur ou ce trou sont sensibles, plus ils dérobent à nos yeux de l'image des objets.

Il n'en est pas de même à l'égard des petits rameaux qui partent de ces

ces troncs, pour se repandre dans la Rétine. Car quand ils se rencontreroient, comme il arrive souvent, à l'endroit du fond de l'œil où se fait la vision distincte, ils ne rendroient point l'image de l'objet défectueuse, parce qu'ils sont si petits, qu'ils ne sont pas sensibles. C'est ainsi que dans nos miroirs, quand ils manquent de plomb ou d'étain en quelque endroit assez grand pour s'en appercevoir, l'image que nous y voïons, paroît trouée; ce qui n'arrive pas quand il n'y a qu'un petit trou, comme pourroit être celui que feroit la pointe d'une aiguille.

Je sçai bien que l'impression d'une image qui se fait dans l'œil sur la Rétine, ou sur le papier blanc dans une chambre obscure, est bien différente de celle que nous voïons dans nos miroirs. Car l'image se peint sur la surface de la Rétine & du papier, comme si c'étoit un véritable tableau qu'on voit toûjours au même endroit, de quelque part qu'on le regarde: mais l'image ne se peint point du tout sur la surface de nos miroirs; elle se peint seulement dans nos yeux, & paroît aussi éloignée derrière la glace, que l'objet qui envoie son image sur cette glace, en est éloigné en effet. D'où il est aisé de juger que les miroirs ne reçoivent point d'impression des rayons visuels, d'autant que ces rayons ne s'y arrêtent pas, mais seulement s'y réfléchissent, & que l'objet ne s'y voit que par ces rayons réfléchis, qui en portent l'image dans les yeux.

Ainsi toutes les fois que l'espéce d'un objet tombera sur les troncs des vaisseaux de la Rétine, elle s'y perdra sans doute, à proportion que ces troncs seront gros: & cette perte fera dans le total de l'image un défaut, qui paroîtra plus ou moins distant du papier que vous établissez pour le point fixe de votre expérience, suivant que ces troncs des vaisseaux seront plus ou moins éloignés de l'axe des rayons, qui tombe au fond de l'œil, à l'endroit où la vision se fait le mieux; étant certain qu'en toutes sortes d'yeux, ils ne sont pas toûjours également distans de cet axe: car souvent ces vaisseaux entrent dans la Rétine par le centre du nerf, quelquefois par la circonférence, & quelquefois aussi par l'espace qui est entre le centre & la circonférence. Et ce pourroit bien être la raison pour laquelle nous remarquons qu'il faut éloigner plus ou moins le papier qu'on perd de vûë, suivant la diversité des personnes qui font cette expérience: car les uns perdent ce papier à la distance de deux pieds, les autres à moins de deux pieds, & les autres à une distance plus grande; les uns le perdent un peu plus haut, & les autres un peu plus bas, selon que les troncs des vaisseaux sont situés à l'égard du Nerf-optique; & les uns en perdent davantage que les autres, selon que les vaisseaux sont plus ou moins gros, car leur grosseur est aussi différente que les tempéramens des individus. Et parce qu'il est difficile de déterminer précisément le lieu où l'objet se perd dans toutes sortes d'yeux, nous avons sujet de croire

que cette perte ne se fait pas toûjours sur l'étenduë du nerf où est la Rétine, mais qu'elle se fait quelquefois hors de cette étenduë où la Choroïde se trouve. Car les troncs des vaisseaux de la Rétine sont assez gros & assez longs pour s'étendre au-deça ou au-delà du nerf, & cacher par ce moïen quelque partie de la Choroïde, à proportion de leur grandeur; & en ce cas il sera vrai de dire que la vision ne se fait point en tous les endroits où la Choroïde se trouve, quoiqu'ils soient exposés à la lumière; ce qui pourroit bien donner une atteinte à votre opinion: car vous ne pouvez pas douter que ces troncs n'empêchent alors les espéces des objets qui tomberont dessus, d'aller jusqu'à la Choroïde, & que l'image ne soit défectueuse en cet endroit, d'autant que ces espéces ne pourront faire impression sur l'organe de la vision au travers de ces vaisseaux.

Voilà, Monsieur, les principales raisons de mes doutes touchant cet organe de la vision. Je vous avoue que votre expérience m'auroit déja déterminé en faveur de la Choroïde, si ces vaisseaux de la Rétine, & l'opacité de cette membrane ne me tenoient encore en suspens. Car je ne puis quitter l'opinion commune, pour en embrasser une autre qui n'est point démontrée, & qui demeure problématique. J'espére que vous me donnerez de nouvelles lumières qui me convaincront facilement, aiant toute l'inclination possible de suivre vos sentimens, auxquels je déférerai toûjours avec respect.

Une belle découverte comme la vôtre ne pouvoit pas manquer d'être bien-tôt confirmée; car comme le secret de votre expérience est de faire que la peinture d'un objet tombe justement sur le Nerf-optique, ou aux environs de ce nerf; M. Picard s'est avisé d'une manière par laquelle on perd un objet en tenant les deux yeux ouverts, à cause qu'on fait tomber l'image ou la peinture de cet objet sur les deux Nerfs-optiques en même tems; & voici comment:

TAB. XXII. Il faut attacher contre une muraille un rond de papier blanc A de la grandeur d'un pouce ou deux, & à côté de ce papier faire deux marques B C sur la muraille, l'une à droite & l'autre à gauche, chacune éloignée d'environ deux pieds; puis se placer directement devant le papier à la distance de neuf pieds ou environ, & mettre le bout de son doigt vis-à-vis de ses deux yeux, comme en D, en sorte qu'il cache à l'œil droit la marque gauche faite à côté du papier, & à l'œil gauche la marque droite. Si l'on demeure ferme en cette posture & que l'on regade fixement des deux yeux le bout de son doigt, le papier qu n'en est nullement couvert, disparoîtra entièrement; ce qui doit être d'autant plus surprenant, que sans la rencontre particulière des nerfs-optiques E F où il ne se fait point de vision, & sur lesquels les rayons A E, A F, tombent quand on perd de vûë le papier A, le papier paroîtroit double, comme on éprouvera toutes les fois que le doigt ne sera pas placé comme il faut, ou que la vûë se portera tant soit

foit peu à côté, dont la raifon vous eft affez connue fans qu'il foit befion de l'expliquer ici.

L'application de cette manière à la vôtre eft facile : car quand on regarde fixement des deux yeux le bout de fon doigt qu'on a pofé au devant des marques, c'eft tout de même que fi on pointoit chaque œil en particulier à l'endroit qu'il faut regarder pour perdre le papier ; de forte qu'on fait avec les deux yeux la même chofe que ce que vous faites avec un, en tenant l'autre fermé, &c.

SECONDE LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE A MONSIEUR PECQUET,

POUR MONTRER QUE LA CHOROIDE EST LE PRINCIPAL ORGANE DE LA VUE.

MONSIEUR,

J'ai vû dans votre réponfe les raifons qui vous empêchent de croire que la Choroïde eft le principal organe de la vûë ; mais je ne les ai pas trouvées affez fortes, pour m'obliger à rendre cet avantage à la Rétine, quoiqu'elles aient beaucoup de fubtilité & de vrai-femblance.

Vous dites dans votre première objection, que *fi on lève la Sclérotique & la Choroïde d'un œil bien frais, & qu'on laiffe la Rétine étendue fur l'humeur vitrée, alors on ne voit pas bien au travers de cette membrane* ; d'où vous concluez qu'elle n'a pas affez de tranfparence pour laiffer paffer fur la Choroïde une lumière fuffifante pour la vifion. Je ne demeure pas d'accord de cette conféquence, puifqu'il peut y avoir beaucoup de différence entre la Rétine d'un animal mort expofée à l'air, & celle d'un animal vivant exactement enfermée entre l'humeur vitrée & la Choroïde. Les diverfes difpofitions changent ordinairement les qualitez des chofes : la graiffe, qui eft tranfparente étant fondue, devient opaque en fe refroidiffant ; & la Cornée d'un œil qu'on tient quelques heu-

res dans un air chaud, devient trouble, & peu à peu entièrement opaque. Mais, afin que vous puissiez être persuadé que la Choroïde est suffisamment éclairée dans un animal vivant, il faut prendre un œil encore tout chaud d'un bœuf fraichement tué, & le couper en deux, un peu au-dessous du Cristallin, en sorte qu'une bonne partie de l'humeur vitrée demeure étendue sur la Rétine: alors vous verrez distinctement les diverses couleurs de la Choroïde, la base du Nerf-optique, les troncs de petits vaisseaux qui en sortent, & leur épanchement dans l'épaisseur de la Rétine, avec tant de netteté, que vous ne pourrez même discerner s'il y a une Rétine au-delà de l'humeur vitrée. D'où vous pourrez juger, que la lumière que les objets envoient sur la Choroïde, est plus que suffisante pour y produire la vision, puisque venant à vos yeux par réflexion, & par un second passage au travers de la Rétine & de l'humeur vitrée de l'œil coupé, elle est encore assez forte pour vous faire voir clairement & distinctement la même Choroïde.

Ce n'est pas que je nie que la Rétine n'ait quelque blancheur dans un animal vivant, & qu'elle ne soit un peu moins transparente que les autres humeurs; principalement dans la partie contigue à la Choroïde: & la nature l'a pu faire ainsi, pour adoucir l'éclat des grandes lumières, & empêcher l'éblouissement; de même qu'elle a étendu sur notre peau un épiderme insensible, pour empêcher qu'elle ne fût trop facilement blessée par les corps qui nous touchent, & par l'excès du chaud & du froid. Mais, quand je nierois absolument que la Rétine eût aucune opacité dans un animal vivant, votre expérience ne me convaincroit pas, puisqu'elle ne se fait que sur une Rétine, dont les parties les plus subtiles & les plus transparentes sont évaporées: & je donnerois pour exemple un papier blanc, au travers duquel, lorsqu'il est mouillé, on voit assez distinctement les objets qui lui sont contigus; & qui reprend sa première opacité, lorsqu'il est un peu de tems exposé à l'air. Et si cet exemple ne suffisoit, j'alléguerois le petit Cristallin qui se trouve au milieu du Cristallin de beaucoup d'animaux, & qui en est comme le noyau, lequel étant aussi transparent que les autres humeurs de l'œil dans un animal vivant, devient, deux ou trois jours après sa mort, blanc & opaque, quoiqu'il soit encore enfermé dans l'œil, & que le Cristallin extérieur demeure encore trasparent.

Votre seconde expérience pour prouver l'opacité de la Rétine, qui est de la plonger dans l'eau, est encore extrêmement trompeuse. Car vous ne doutez pas que l'Hyaloïde, qui enveloppe l'humeur vitrée, ne soit parfaitement transparente; & toutefois, si vous mettez dans de l'eau une partie de l'humeur vitrée, les parties de l'Hyaloïde qui y sont attachées, y paroîtront blanchâtres & troubles comme de la toile d'araignée, quoique l'humeur vitrée conserve sa transparence. Ce n'est donc pas une bonne épreuve pour sçavoir si la Rétine est opaque dans un animal vivant, que de la plonger dans l'eau; & à quelque épreuve

que

que vous puissiez la mettre, après qu'elle a été exposée à l'air, vous n'en pourrez tirer aucune conséquence pour prouver qu'elle est opaque dans son état naturel: car le Cristallin-même devient un peu trouble dans l'eau; & si on l'y laisse quelque tems, ou qu'on l'expose à la gelée, il devient blanc & opaque comme de la neige.

Ainsi, pour résoudre notre différent, & sçavoir avec certitude si la lumière des objets passe presque toute entière jusques à la Choroïde, ou si elle est presque toute arrêtée par la Rétine; il est nécessaire d'apporter des observations faites sur la Rétine & sur la Choroïde, lorsqu'elles sont en leur état naturel, comme est l'observation suivante:

Mettez de nuit une chandelle allumée fort près de vos yeux, & faites qu'un chien éloigné de huit ou dix pas vous regarde: alors vous verrez dans ses yeux une lumière assez éclatante, que je soûtiens proceder de la réflexion de la lumière de la chandelle, dont l'image est peinte sur la Choroïde du chien, laquelle aiant beaucoup de blancheur fait cette réflexion très-forte; car si elle procedoit du Cristallin, ou de la Rétine, on verroit les mêmes apparences dans les yeux des hommes & dans ceux des oiseaux, & des autres animaux, qui ont la Choroïde noire.

Il est donc manifeste, par cette expérience, que les rayons lumineux passent avec beaucoup de force jusques sur la Choroïde, & que la Rétine en reçoit fort peu d'impression; & voici comme se fait cette apparence: La petite peinture de la chandelle, qui est sur la Choroïde, où est le foyer du Cristallin & des autres humeurs ensemble, envoie des rayons au travers de ces humeurs, qui se réunissent réciproquement vers la chandelle; & par conséquent les yeux qui en sont proches, doivent voir le Cristallin du chien fort illuminé. Les Opticiens en sçavent la démonstration; & ceux qui ne sçavent pas l'Optique, pourront voir un effet entièrement semblable par une expérience très-facile.

Il faut placer une bouteille sphérique de verre pleine d'eau très-claire, à huit ou dix pas d'une chandelle, & mettre un papier blanc derrière la bouteille environ à la distance de son demi diamétre, en sorte que la lumière de la chandelle qui a passé à travers la bouteille, soit réunie en un petit espace sur le papier: alors ceux qui auront les yeux proches de la chandelle, verront la bouteille pleine de lumière, & cette lumière disparoîtra, si l'on approche ou recule le papier de la bouteille: & si l'on met une bougie allumée au lieu du papier, & qu'on tienne l'œil en la place de la chandelle après l'avoir ôtée, on verra encore la bouteille plus illuminée qu'auparavant; & l'on pourra juger facilement que la lumière qui paroît dans l'œil du chien, procéde d'une cause semblable. Vous pourrez vous confirmer en cette pensée, si vous mettez la chandelle à côté, en sorte que votre visage en soit fort éclairé, & qu'elle ne luise point sur le chien; car vous verrez alors beaucoup de lumière dans ses yeux: mais si vous mettez quelque corps opaque de-

devant votre visage pour le couvrir de la chandelle, cette lumière disparoîtra; ce qui vous fera connoître manifestement, qu'elle procéde de l'image de votre visage qui paroît dans ses yeux, & que c'est sur la Choroïde qu'elle est peinte, par la raison que j'ai dite ci-dessus. On peut faire la même expérience dans les yeux de plusieurs autres animaux, & particulièrement dans ceux des chats, où cette lumière paroît bleuâtre; ce qui fait voir qu'elle procéde de leur Choroïde, qui a beaucoup de cette couleur; mais cette couleur, ni aucune autre qui soit dans la Choroïde, ne cause point de confusion au sens de la vûë, puisque les sens ne reçoivent point d'impression de leurs propres organes.

Le reste de cette première objection n'a presque point d'autre fondement, qu'une interprétation contraire à ma pensée, que vous donnez à quelques mots de mon écrit. Car, lorsque j'ai dit que les corps noirs & opaques reçoivent beaucoup d'impression de la lumière, je n'ai pas entendu les opaques & noirs tout ensemble; il m'eût suffi de dire les corps noirs, puisque tous les corps noirs sont opaques. Mais ma pensée a été, & est encore sur ce sujet, que les corps transparens, comme l'air, l'eau, & la Rétine dans un animal vivant, reçoivent peu d'impression de la lumière, & que les opaques en reçoivent beaucoup; mais que les noirs en reçoivent plus que les autres opaques, & l'air & l'eau un peu moins que la Rétine. Je ne crois pas aussi que la noirceur soit absolument nécessaire dans la Choroïde pour la vision, mais seulement pour une plus forte vision, ni que la peinture des objets y doive être exprimée; car il suffit que les rayons de chaque point des objets s'y réunissent en un point distinct & séparé, selon qu'ils s'entre-répondent. Et vous demeurerez facilement d'accord, que comme une loupe de verre fort convexe fait paroître l'image du soleil réunie sur du papier blanc avec beaucoup d'éclat & de lumière, & sur du papier noir fort obscurement, quoique le papier noir, où le feu se prend d'abord, en reçoive beaucoup plus d'impression que le blanc: ainsi les rayons des objets illuminés, se réunissant par le moïen du Cristallin sur une Choroïde blanchâtre, y forment une peinture visible, & une très-obscure sur une Choroïde noire; mais aussi l'impression est bien plus forte dans la noire que dans la blanche. Et c'est la cause pourquoi les hommes & les oiseaux voïent mieux & plus distinctement que la plûpart des autres animaux: car leur Choroïde étant noire, & par conséquent très-sensible à la lumière, ils étrécissent beaucoup leur Prunelle; ce qui fait que les rayons qui y passent de chaque point des objets, sont tous fort proches de l'axe du Cristallin, & se réunissent plus exactement dans un point que dans les yeux de la plûpart des animaux qui ont la Choroïde blanchâtre vers l'axe de la vûë, & par conséquent moins sensible à la lumière, & qui tiennent en recompense la Prunelle de leurs yeux fort dilatée, lorsqu'ils ont besoin d'une grande lumière; ce

ce qui empêche leur viſion d'être diſtincte, à cauſe que les rayons qui tombent ſur l'extrémité du Criſtallin, coupent l'axe trop près en leur réfraction. Il eſt vrai que pour ſuppléer en quelque façon à ce défaut, ils ont un petit Criſtallin au milieu du grand; & ce petit Criſtallin étant d'une conſiſtence plus épaiſſe que celle du grand, ſa réfraction eſt auſſi plus forte, & fait que les rayons qui viennent d'un point hors de l'œil, & tombent ſur le Criſtallin près de l'axe de la vûë, ſe rompent davantage en paſſant par ce petit Criſtallin, & par ce moïen ſe réüniſſent mieux au fond de l'œil avec les rayons qui tombent ſur l'extrémité du grand Criſtallin; ce qui rend leur viſion moins confuſe, quoiqu'elle ne ſoit jamais ſi diſtincte que celle des hommes & des oiſeaux, qui n'ont qu'un Criſtallin. Les poiſſons ont auſſi un double Criſtallin; car autrement leur viſion ſeroit encore plus confuſe que celle des animaux qui vivent dans l'air: parce que leur Criſtallin étant ſphérique, les rayons coupent l'axe plus inégalement que s'il étoit lenticulaire; & s'il n'étoit ſphérique, ſon foyer ſe feroit très-loin, à cauſe que la réfraction des rayons qui paſſent de l'eau dans le Criſtallin, eſt très-petite.

La difficulté de votre ſeconde objection vient encore d'une équivoque, & conſiſte à ſçavoir ce qu'on doit dire avoir une plus grande continuïté & communication avec le cerveau. Mon hypothèſe eſt, que les nerfs ſont tous revêtus de la Pie-mére, qui enveloppe toute la moelle de l'épine, & ont avec elle une méme continuïté de fibres, en ſorte que pour peu que les nerfs ſoient émûs, l'impreſſion en eſt portée juſques au cerveau par la continuïté de ces fibres. Et ſoit que leur tiſſure ſoit différente dans les nerfs des divers ſens, ou que les nerfs contiennent quelques liqueurs ſpiritueuſes, qui déterminent leurs ſenſations par quelques différences qu'elles ont entre elles: il eſt certain que les nerfs de la vûë, de quelque façon qu'ils ſoient émûs, repréſentent des couleurs & des lumières; ceux de l'ouïe, des ſons; & ceux du tact, des douleurs, &c. Or la Choroïde eſt un épanchement & une dilatation de la Pie-mére, qui enveloppe intérieurement le Nerf-optique; & qui vient par une continuïté de fibres de la tubéroſité de la moelle de l'épine qui eſt dans le cerveau: d'où il s'enſuit, que pour peu que la Choroïde ſoit touchée, l'impreſſion ſe peut facilement communiquer dans le cerveau. Et afin qu'on puiſſe dire la même choſe de la Rétine, il faudroit qu'il y eût un petit canal dans le Nerf-optique, par où la Rétine en ſa propre ſubſtance s'étendît juſques à cette tubéroſité par une continuïté de fibres; ce qui ne ſe voit pas; & vous êtes contraint de dire *qu'il y a de petits filamens de ce Nerf qui ont cette continuïté.* Mais s'il y avoit de ces filamens, ils s'épancheroient dans la Rétine, comme d'un centre à une circonférence, & feroient bien plus preſſés vers le Nerf-optique; ce qu'on n'a point encore remarqué; & avec quelque microſcope qu'on regarde la Rétine, on n'y découvre jamais aucuns filamens, mais elle paroît d'une conſiſtence uniforme comme l'humeur vi-

vitrée, & doit être considérée comme une quatrième humeur coulée & passée au travers des pores du Nerf-optique, sans en contenir aucun filament. Il est vrai qu'en faisant passer une épingle par l'épaisseur de la Rétine, on rencontre souvent des filamens : mais, si on les regarde au travers d'une loupe de verre fort convexe ; on découvre qu'ils aboutissent aux petits vaisseaux des veines & des artéres qui sont dans la Rétine ; & infailliblement, s'il y avoit de petits nerfs, on les rencontreroit de même, & ils arrêteroient l'épingle, puisqu'ils seroient aussi fermes que les petites artéres. Et quand vous dites qu'on distingue ces filamens dans l'eau, parce que le reste de la Rétine disparoît, cela repugne à l'expérience, & à ce que vous avez dit auparavant, qu'on voit dans l'eau la Rétine toute blanche & sans transparence ; & c'est à vous & à ceux de votre opinion de trouver d'assez bons microscopes pour faire voir ces filamens ; autrement, on les doit tenir pour une chose inventée à plaisir.

Vous apportez ensuite deux expériences, dont la première est, que si l'on fait une ouverture au haut de l'œil, on peut découvrir la peinture des objets sur la surface antérieure de la Rétine. Mais, si par le haut de l'œil vous entendez la Cornée, ou le blanc de l'œil qui lui est contigu ; l'humeur aqueuse s'écoulera par l'ouverture que vous y ferez, & la Cornée fera des rides, qui empêcheront la peinture d'être distincte : outre que celui qui regardera par cette ouverture, empêchera que les rayons des objets ne passent dans l'œil ; de manière qu'il n'y pourra voir que sa propre image. Que si vous entendez qu'on ôte la Cornée entièrement, le même inconvénient arrivera, & même il n'y aura plus assez de distance entre le Cristallin & la Rétine pour y faire la peinture distincte. Enfin, je ne crois pas qu'on puisse venir à bout de cette expérience, & encore moins de discerner si c'est en la surface antérieure de la Rétine, ou en la postérieure que se forme cette peinture, puisqu'elle a moins d'une demi ligne d'épaisseur ; & il y a lieu de croire que vous vous êtes fié au rapport d'autrui de cette expérience, ou que vous avez cru que les images qui paroissent dans les yeux, sont peintes sur la Rétine, au lieu qu'elles procédent de la réflexion qui se fait sur l'extérieur de la Cornée.

La seconde de vos expériences est véritable & facile à faire ; mais, selon votre opinion, elle seroit impossible. Car puisque vous soûtenez que c'est dans la partie antérieure de la Rétine qu'on voit la peinture, & qu'ailleurs vous avez dit qu'on ne voit pas bien au travers de cette membrane ; il s'ensuit que vous ne pourrez voir cette peinture à travers l'épaisseur de la Rétine : mais parce que je crois qu'il reste encore assez de transparence dans la partie de la Rétine, qui n'est pas exposée à l'air, je ne doute point que la peinture ne puisse être vûe sur la partie postérieure. Car quand même la Rétine seroit ôtée & qu'il ne resteroit que l'humeur vitrée, on ne laisseroit pas de voir une peinture

ture renversée des fenêtres vers la circonférence de l'humeur vitrée, en tenant cet œil dans le fond d'une chambre ; de la même façon qu'on voit cette peinture dans le foyer d'une bouteille sphérique de verre pleine d'eau, quoiqu'il semble qu'on la voïe sur la surface extérieure du verre ; c'est ce qui détruit entièrement la conséquence que vous en voulez tirer.

Dans la troisième de vos objections vous citez ce que j'ai dit, un peu autrement que je ne l'ai dit. Car j'ai mis dans mon écrit que la Rétine avoit environ une demi ligne d'épaisseur, & non pas une demi ligne précisément, qui est une marque que je ne l'avois pas mesurée exactement. Mais quand elle n'auroit qu'un quart de ligne, & encore moins, il suffit qu'elle en ait assez pour l'effet que je lui attribue, & pour un autre dont j'ai aussi parlé dans mon écrit, qui est, que les rayons d'un même point lumineux qui ne s'uniroient pas précisément en un même point dans l'axe, sont redressés par la concavité de la Rétine, les plus éloignés de l'axe, davantage que ceux qui en sont les plus proches ; ce qui fait qu'ils se reünissent mieux en un même point sur la Choroïde ; lequel point je tiens avec vous être un point Physique, puisque le point objectif l'est aussi : mais je soûtiens qu'il est plus petit qu'aucun qui puisse être perceptible à la vûë. Car nous distinguons les diverses parties des objets très-petits, comme les extrémitez de largeur des petites artéres de la Rétine, qui n'ont pas la huitiéme partie de son épaisseur ; & ce qui représente cette petite largeur dans l'organe de la vûë, ne lui est pas égal, comme vous le prétendez : mais il doit être vingt-cinq ou trente fois plus petit, c'est-à-sçavoir, en la proportion de la distance de l'objet au centre de la vûë, & de la distance de ce centre jusques à l'organe de la vûë ; & par conséquent l'épaisseur de la Rétine n'est pas propre pour cette petitesse.

Vous voïez donc, Monsieur, que jusques ici vos objections ne peuvent donner aucune atteinte à mon opinion, & que la transparence de la Rétine est assez bien établie. Venons maintenant à la preuve que je tire du défaut de vision sur la base du Nerf-optique.

Il faut premièrement demeurer d'accord, que dans cette expérience presque tous les hommes perdent de vûë un rond de papier blanc tout entier, dont le diamétre est la neuvième ou dixième partie de sa distance jusqu'à l'œil. Or le triangle visuel dont le diamétre de ce papier est la base, & le sommet le centre de la vûë, est proportionnel au triangle, dont la base est le diamétre de la peinture de ce papier sur le fond de l'œil, & le sommet le même centre de la vûë ; lequel centre étant éloigné de six ou sept lignes de la base du Nerf-optique, dont la largeur est environ de trois quarts de ligne, cette base sera aussi environ la neuvième ou dixième partie de sa distance, jusques au centre de la vûë. Et par les principes de l'Optique, l'image du rond de papier tombant sur la base du nerf, la couvrira précisément ; & puisqu'alors

le papier disparoît entièrement, il s'ensuit que toute la base du Nerf-optique est insensible à la lumière. D'où je conclus, que la Choroïde est le principal organe de la vûë, puisque son absence cause le défaut de vision; & que la Rétine ne l'est pas, puisqu'elle se trouve en cet endroit, & qu'elle y paroît disposée de même qu'au reste du fond de l'œil.

Pour éluder la force de cet argument, vous apportez d'autres causes de ce défaut de vision : les deux premières sont presque semblables; mais il me semble que vous les supposez sans fondement. Car, comme il a été dit ci-dessus, on ne voit point de filamens de nerfs sortir de la base du Nerf-optique; & même ils ne seroient pas propres pour la vision, puisqu'ils laisseroient dans quelques parties de la Rétine de trop grands intervalles vuides ; & il faut que chaque point des objets rencontre un point sensible dans l'organe de la vûë, pour y réünir ses rayons; ce qui se trouve dans la Choroïde, qui est un épanchement de la partie sensible du nerf en une membrane continue. D'ailleurs, les causes du défaut de la vision ne se peuvent trouver dans ces hypothèses. Car dans la première, quelle raison pourroit-on donner de ce qu'il n'y auroit point d'extrémitez de ces filamens à l'opposite du Nerf-optique, puisqu'il ne faudroit qu'une simple continuation directe de quelques-unes de ses fibres, jusques à la partie antérieure de la Rétine? Et pour la seconde, qui est votre opinion particulière, je demeure bien d'accord que le vuide de votre houpe renversée pourroit causer le défaut de vision vers le centre de la base du nerf: mais je ne vois pas pourquoi ces filamens, qui, selon vous, couvrent le reste de la base, seroient en cet endroit insensibles à la lumière; puisqu'il n'est pas nécessaire pour la vision, que les rayons tombent directement sur l'organe de la vûë, & qu'il suffit que ceux d'un même point lumineux s'y réünissent en un point; étant facile de juger qu'il n'y a qu'un seul rayon de ceux qui concourent à un point, soit sur la Rétine, soit sur la Choroïde, qui puisse y tomber directement. Mais je ne m'étend pas davantage sur ce sujet, puisque je crois que cette houpe renversée, & ces filamens qui la composent, ne sont qu'une chose sans fondement, & que vous ne sçauriez faire voir.

L'autre cause que vous apportez, est le tronc des vaisseaux qui sortent de la base du nerf: mais vous ne pouvez pas nier qu'ils ne soient très-petits, & qu'on a de la peine à discerner les petits trous par où ils passent, lorsqu'on coupe le nerf plus haut que son insertion dans l'œil: & parce que souvent ils sortent de la base par deux petits trous différens, le diamétre de chacun desquels n'occupe pas la huitième partie de celui de la base; il s'ensuit que si le reste de la base du nerf étoit sensible à la lumière, on ne perdroit de vûë en une distance de dix pieds, qu'un papier de deux pouces de diamétre tout au plus, & quelquefois en fixant un œil sur un petit papier, il en disparoîtroit deux

autres

autres très-petits, séparés l'un de l'autre, sans perdre de vûë ce qui seroit entre-deux; ce qui repugne à l'expérience. Ainsi les causes que vous alléguez de ce défaut de vision, étant ou sans fondement, ou insuffisantes; il s'ensuit que celle que je donne, subsiste toûjours, du moins à votre égard: & pour la confirmer encore davantage, j'ajoûterai ici quelques observations & quelques raisonnemens qui ne sont ni dans ma lettre, ni dans mon écrit.

La premiére observation, qui est fort commune, est que la Prunelle se dilate à l'ombre, & s'étrécit à la vûë d'une grande lumière; & il est difficile de trouver la cause de ce mouvement involontaire, qu'en supposant que la Choroïde est sensible à la lumière: car alors il est aisé de juger qu'étant blessée par une vision trop forte, elle peut dilater, ou resserrer ses fibres, qui sont continues avec celles de l'Uvée antérieure, en sorte qu'elle étrécisse son ouverture; & que n'étant point blessée, elle se relâche: au lieu que si l'on suppose que la Rétine est l'organe de la vûë, il est difficile d'expliquer comme se fait cet étrécissement.

La seconde est, que si l'on tient la main entre une bouteille sphérique de verre plein d'eau, & une chandelle mise au foyer de la bouteille, on sentira plus de chaleur que si on la tient dans le foyer réciproque, c'est-à-dire, à l'endroit où les rayons qui ont passé au travers de la bouteille, font paroître une grande image renversée de la flamme de la chandelle sur une surface blanche opposée. Car j'en tire cette conséquence, que l'image de la chandelle qui est peinte sur la Choroïde d'un chien, comme je vous ai prouvé, fait beaucoup plus d'impression sur la Rétine du chien, que sur celle de celui qui la regarde & qui la voit fort éclatante. D'où je conclus, que si la Rétine étoit l'organe de la vûë, le chien ne verroit pas les objets médiocrement illuminés qui seroient à l'entour de la chandelle, quand même ils en seroient éloignés de trois ou quatre pieds, puisqu'ils recevroient beaucoup plus d'impression de cette réflexion, que de ces objets, & qu'une grande sensation en efface une moindre; ce qui repugne à l'expérience; & il n'est pas vrai-semblable qu'il y ait un tel défaut dans la vision des animaux.

La troisième est, que les yeux des oiseaux sont disposés, en sorte que le Nerf-optique, après son insertion dans l'œil, se recourbe sur la concavité de la Sclérotique; & le long de cette courbure naît la Choroïde qui la couvre, ne laissant qu'une raye blanche au milieu, d'où naît la Rétine, qui s'étend sur la Choroïde dans le fond de l'œil: mais elle est couverte joignant cette raye blanche d'une petite membrane noire, contigue, ou collée à l'Hyaloïde, longue d'environ six lignes, & large de cinq, dans les yeux des grands oiseaux; laquelle membrane procéde aussi de la Pie-mére, qui enveloppe intérieurement le Nerf-optique, & est comme une appendice de la Choroïde. Il y a quel-

quelques oiseaux, comme l'autruche, dont le Nerf-optique se dilate au fond de l'œil en une membrane épaisse de figure ovale, des extrémitez de laquelle naissent la Choroïde & la Rétine; mais la petite membrane noire, qui naît aussi des mêmes extrémitez, couvre entièrement cette ovale, & s'étend un peu sur la Rétine: & si l'on considére l'endroit où est cette membrane noire en toutes sortes d'oiseaux, on trouvera qu'il est un peu à côté de l'axe, & que les rayons des objets que les oiseaux regardent avec les deux yeux, tombent dessus précisément. Ce qu'on jugera facilement, si l'on remarque que les oiseaux n'ont pas les axes de leurs yeux paralleles, quand ils les tournent vers un même objet, mais un peu écartés; ce qui fait que les rayons de cet objet tombent obliquement sur leurs Cornées, & que, selon les régles de la réfraction, ils se rompent à côté des mêmes axes dans le fond de leurs yeux. Or, puisque la Rétine n'est point en cet endroit, ou qu'elle y est couverte par cette membrane noire qui arrête la lumière, & que personne ne doute que les oiseaux ne soient plus clair-voïans que les autres animaux; vous devez avouer que la Rétine n'est pas le principal organe de la vûë, & qu'il faut donner cet avantage à la Choroïde. Pour ce qui est de l'expérience de M. *Picard*, je la trouve fort bien inventée; mais elle est difficile, à cause du grand effort qu'il faut faire, pour fixer les deux yeux à un point qui n'en est éloigné que de quatre pouces au plus. En voici une autre, qui fait beaucoup moins de peine, & qui n'est pas moins surprenante: Attachez sur un fond obscur deux petits ronds de papier blanc à même hauteur, & à trois pieds l'un de l'autre: placez-vous vis-à-vis, à une distance de douze à treize pieds; & tenez votre pouce élevé devant vos yeux à une distance d'environ huit pouces, en sorte qu'il couvre à votre œil droit le papier qui est vers votre gauche, & à votre œil gauche le papier qui est vers votre droite: alors, si vous regardez votre pouce fixement avec les deux yeux, vous perdrez de vûë les deux papiers; ce qui procéde de ce que les yeux étant ainsi disposés, chacun d'eux reçoit sur son Nerf-optique l'image de l'un des papiers, & le pouce lui couvre l'autre.

On peut faire la même expérience avec deux chandelles allumées, observant les mêmes distances. Que si elles sont plus éloignées l'une de l'autre, il faut aussi s'en éloigner à proportion; c'est-à-dire, que si leur distance est de six pieds, il faut être éloigné de vingt-cinq pieds, & dans les autres distances à proportion: mais il faut que le pouce demeure toûjours dans la même situation à peu près; car si on le tenoit à un pied de distance des yeux, ou davantage, on verroit quatre chandelles au lieu de deux.

LETTRE
DE
MONSIEUR PERRAULT,
A
MONSIEUR MARIOTTE.

MONSIEUR,

J'ai été surpris de la nouveauté de votre merveilleuse observation touchant la perte que l'on fait d'un objet lorsqu'il est en une certaine distance, & en situation convenable pour cela à l'égard de l'œil; mais je n'ai pu encore entrer dans les sentimens que vous avez sur la cause de cet accident, ni approuver les conséquences que vous en tirez, pour persuader que la Choroïde doit être reputée le principal organe de la vision, & non la Rétine, ainsi qu'on le croit communément. Monsieur *Pecquet* m'aiant communiqué les raisons qu'il vouloit opposer aux vôtres, dans un écrit qu'il vous adresse sur ce sujet, je l'ai fait souvenir d'une remarque que nous avons souvent faite ensemble dans les yeux de la plûpart des animaux, où la Rétine, en plusieurs endroits, & apparemment au lieu où se fait la vision des objets qu'on regarde directement, se voit traversée par des vaisseaux remplis de sang, qui étant des corps opaques d'une grandeur considérable, & interposés entre les objets & la Choroïde, devroient empêcher la vûë, si la Choroïde en étoit le véritable organe. Je ne sçai si l'amour que chacun a pour ses pensées, me trompe dans cette rencontre; mais je ne crois pas que l'on vous puisse faire une plus forte objection contre l'usage que vous donnez à la Choroïde, ni trouver un argument plus convaincant, pour faire attribuer cet usage à la Rétine. Le désir que j'ai d'en avoir la solution, m'a porté à vous écrire en particulier sur ce sujet, voïant que Mr. *Pecquet*, qui demeure d'accord du fait, comme lui étant connu, de même qu'à tout le reste de notre Compagnie, par plusieurs expériences, n'a pas tiré les conséquences dont ce fait fournit un fondement si raisonnable contre votre opinion; & j'ai crû qu'il étoit nécessaire de vous expliquer plus distinctement mes sentimens qu'il n'a fait.

Ma

Ma pensée eſt, que pour la viſion les eſpéces ſont reçûes ſur la ſurface antérieure de la Rétine qui eſt contigue à la ſurface de l'humeur vitrée; que cette ſurface ne ſert à la viſion que comme étant indiviſible; que le reſte du corps de cette membrane, qui a une épaiſſeur conſidérable, n'eſt néceſſaire que pour rendre cette ſurface plus égale, ainſi que l'expérience fait voir aux enduits des murailles, qui ne peuvent avoir une ſurface bien unie, s'ils ne ſont épais, ſuivant la remarque de *Vitruve*, qui les compare aux miroirs de métail, qui ne peuvent être polis quand ils ſont minces; & qu'enfin la Choroïde étant enduite, comme elle eſt, d'une ſubſtance inégale, ſemblable à de la bouë noirâtre, mal détrempée, & qui ne peut avoir une ſurface polie, elle n'eſt point capable de recevoir l'impreſſion des rayons qui partent des objets, autant qu'il eſt néceſſaire.

Car il faut demeurer d'accord, que la poliſſure & l'exacte égalité de la ſurface de la membrane qui doit etre reputée l'organe de la viſion, eſt une condition ſans laquelle on ne peut concevoir que la viſion ſe puiſſe faire. Vous ſçavez que pour cette action il eſt néceſſaire que de tous les points de l'objet il ſe forme des cones, aiant leur baſe à la Cornée, & que de la ſurface poſtérieure du Criſtallin il parte autant de cones, aiant chacun un axe qui tombe ſur la ſurface de l'organe perpendiculairement, ou à peu près. Car il faut ſuppoſer que la viſion ſe faiſant par le ſentiment de l'impreſſion que les objets font ſur l'organe, l'organe doit être comme frappé par les eſpéces, & qu'il n'eſt frappé que foiblement par les rayons qui tombent obliquement. Or l'endroit de l'œil où ſe fait l'impreſſion d'un grand objet, eſt ſi petit & ſi étroit, que dans un eſpace qui ſemble n'etre qu'un point, il faut qu'une infinité de points de l'objet ſoient reçûs: de ſorte que l'eſpace, qui par exemple n'eſt pas plus grand que la tête d'une épingle, peut recevoir l'impreſſion d'un objet beaucoup plus grand que la lune, ſuppoſé que toutes les parties qui compoſent cet eſpace de l'organe, faſſent un champ capable de recevoir aſſez directement toutes les extrémitez des cones, qui ont leur baſe au Criſtallin: au lieu que ſi cet eſpace eſt raboteux & inégal, il ne recevra l'impreſſion que d'une ſi petite partie de l'objet, que l'on peut dire qu'il ne ſera vû qu'imparfaitement.

Cette même raiſon fait qu'on ne peut pas dire que les vaiſſeaux qui ſont dans la Rétine, ſont trop petits pour faire que leur interpoſition empêchât la vûë de quelque objet: car quand ils ne ſeroient pas plus gros qu'un cheveu, c'eſt beaucoup plus qu'il ne faut pour recevoir l'impreſſion d'une infinité de pointes des cones, par leſquelles eſt formée la repréſentation d'un objet d'une grandeur conſidérable, principalement s'il eſt éloigné. Or il n'y a que l'égalité de la ſurface de l'organe qui puiſſe faire qu'il y ait ce nombre ſuffiſant de parties capables de recevoir l'impreſſion des rayons; & il y a apparence que le défaut de cette égalité, qui vient ou des maladies, ou de la vieilleſſe, ou

d'une

d'une mauvaise disposition naturelle, est une des causes de la foiblesse de la vûë; & qu'en ceux qui ne voient pas bien distinctement les objets éloignés, on peut autant accuser le manque de cette polissure de la Rétine, que la foiblesse des esprits visuels, ou la disposition peu commode du Cristallin. Car il est aisé de concevoir que l'image des choses éloignées ne pouvant être reçûe que sur une très-petite portion de l'organe, il n'est pas possible, si la surface de cet organe est inégale, qu'il reçoive comme il faut un assez grand nombre de rayons, pour avoir l'impression de toutes les particularitez de cette image; & qu'au contraire toutes ces particularitez sont aisément reçûes sur une plus grande portion, ainsi qu'il arrive quand l'objet est proche.

Cela étant ainsi, il faut remarquer que les rameaux des vaisseaux qui sont dans la Rétine, ne sont point capables de causer aucune inégalité dans sa surface; parce que ces vaisseaux se glissant dans son épaisseur, ils sont recouverts par sa dernière surface, qui conserve aisément sa polissure, à cause de la disposition de sa substance, qui se trouve fort commode pour produire cette égalité: car elle a une mollesse & une viscosité glaireuse, par laquelle elle prend la forme de la surface de l'humeur vitrée, qui communique la polissure que tous les corps liquides & homogènes ont ordinairement à leur surface; ce qu'elle fait encore par le moïen de la membrane qui l'environne, dont la polissure & l'égalité la fait appeller vitrée avec beaucoup de raison.

Il faut demeurer d'accord que cette égalité manque à la Choroïde & que ce défaut la rend mal-propre à recevoir l'impression des espéces. Mais elle en a encore un autre bien considérable, qui consiste dans la nature de sa substance, qui est tout-à-fait dénuée des qualitez nécessaires à un organe, tel que doit être celui de la vision: car cette action se faisant par un attouchement incomparablement plus délicat que n'est celui de tous les autres sens, son organe a dû aussi être pourvû d'une délicatesse qui le rendît perméable aux esprits les plus subtils, & obéïssant aux impressions les plus légéres. La Rétine a toutes ces qualitez en un souverain degré, puisqu'elle n'est autre chose que la substance du cerveau, la plus molle & la plus délicate de toutes les parties du corps, qui aiant été endurcie pour former le Nerf-optique, à qui cette fermété étoit nécessaire pour passer par un assez long chemin, & pénétrer les os du crane, reprend sa première délicatesse, & même en acquiert encore une plus exquise, lorsque le Nerf-optique devient comme fondu, dissout, & étendu dans tout le fond de l'œil.

Or la Choroïde n'a aucune de ces qualitez; & si elle est une production de la Pie-mére, qui à la vérité est une membrane fort délicate & fort subtile dans tous les autres endroits du cerveau, elle perd cette qualité dans l'œil, où elle est sans comparaison plus dure & plus épaisse qu'ailleurs; & outre cela elle a une substance & un usage qui la rend tout-à-fait incapable de la sensibilité subtile que la vision requiert. Les

Anatomiſtes ont appellé cette membrane Choroïde, parce qu'elle eſt remplie d'un grand nombre de vaiſſeaux, comme la membrane qui enveloppe le *fœtus*, appellée *Chorion*. Mais cela lui eſt commun avec beaucoup d'autres membranes; & je crois qu'elle mérite encore mieux ce nom par la raiſon de ſon uſage, qui eſt pareil à celui de cette membrane de l'arrière-faix, que la nature a deſtinée pour préparer le ſang que la mere envoïe pour la nourriture de l'enfant. Car la diſſection fait connoître qu'une grande quantité de vaiſſeaux iſſus des rameaux de ceux qui ſont diſperſés dans les muſcles couchés ſur le globe de l'œil, percent la membrane Sclérotique en pluſieurs endroits, pour entrer & ſe repandre dans la Choroïde, dans laquelle il y a grande apparence que le ſang, dont les parties internes de l'œil doivent être nourries, laiſſe ce qu'il a de groſſier & d'opaque, parce que ces parties étant admirablement nettes & tranſparentes, elles ne pourroient ſe nourrir que d'une ſubſtance, qui, comme elle, fût claire & tranſparente. C'eſt ce qui fait que la Choroïde eſt noircie & ſalie de la craſſe, & des parties terreſtres du ſang, qui, d'autant plus qu'elles la rendent mal-propre à recevoir l'impreſſion des eſpéces & l'influence des eſprits, lui donnent une plus grande opacité, qui n'eſt pas d'une petite utilité pour la viſion.

Les réflexions que j'ai faites ſur toutes ces choſes, me font croire que la partie glaireuſe de la Rétine, qui, ainſi que j'ai dit, eſt comme une diſſolution de la ſubſtance du Nerf-optique, eſt l'organe immédiat de la viſion, & que les filets qui y ſont entremêlés, & qui la font appeller Rétine, ne contribuent à cette action que par le moïen de cette partie glaireuſe; en ſorte qu'ils ſervent plûtôt à la diſtribution des eſprits, & aux autres commerces que les ſens ont avec le cerveau, qu'à recevoir immédiatement l'impreſſion des rayons, ainſi que quelques-uns eſtiment: du moins leur opinion repugne à mon ſyſtême, qui établit l'égalité parfaitement uniforme d'une ſurface pour un organe propre à la viſion, & que les parties d'une membrane qui n'eſt ni continue, ni égale, ſeroient incapables de recevoir l'impreſſion de tous les points des objets, dont il y en auroit néceſſairement beaucoup qui tomberoient ſur les intervalles qui devroient être entre ces extrémitez des filets, & ce qui ſe perdroit dans ces intervalles, devroit faire perdre une grande partie des objets, ſuivant les hypothèſes que j'ai expliquées.

On peut ajoûter encore d'autres choſes, pour faire voir que la Choroïde ne peut être l'organe de la viſion; comme de dire qu'elle n'a aucun commerce avec le Nerf-optique, qu'elle eſt recouverte à l'endroit où ſe fait la viſion directe par une autre membrane que nous appellons le Tapis, qui eſt ſéparable de la Choroïde, & qui n'en a pas toûjours la noirceur, mais qui eſt ordinairement teinte & diverſifiée de certaines couleurs moïennes & douces; telles que ſont le verd, le bleu, le doré, l'argenté, la nacre-de-perle, &c. D'où il paroît que la couleur n'eſt point une condition néceſſaire à la viſion, & dont on peut encore tirer

tirer d'autres conséquences peu favorables à l'usage que vous donnez à la Choroïde, & que je ne doute point que Monsieur *Pecquet* ne fasse valoir dans la lettre qu'il vous écrit. Je me contente seulement des raisons & des faits que j'ai avancés. Car je crois, Monsieur, que si ces choses me sont accordées, ainsi que je crois qu'il est raisonnable, je n'aurai pas beaucoup de peine à rendre la raison de votre phénomène, sans ôter à la Rétine l'office dont elle est en possession : car, supposé que l'égalité d'une surface soit nécessaire à l'organe de la vision, il n'est pas difficile de concevoir que l'endroit où la Rétine naît du Nerf-optique, y soit mal-propre, puisqu'en cet endroit elle ne peut avoir la polissure qu'elle a dans le reste du dedans de l'œil ; parce que toutes les fibres qui se distribuent dans la Rétine, sont ramassées en cet endroit, & ne sont point cette substance homogène, qui est si commode à l'égalité de la surface dont il s'agit. Car cette partie du Nerf-optique, qui fait comme un fagot de fibres serrées dans le trou dont la Choroïde est percée à l'endroit du Nerf-optique, doit être moins propre à cette égalité que ne sont les extrémitez des fibres efilées & dissoutes à peu près comme les fils de la toile le sont quand on en fait du papier, qui est une substance bien égale & bien polie, si on la compare avec de la toile.

On peut encore ajoûter, que cet endroit où le Nerf-optique n'est pas encore dilaté pour se mêler dans la Rétine, est une partie tout-à-fait différente de la Rétine ; soit que l'on conçoive que tous les esprits dispersés dans la Rétine doivent passer avec plus d'impétuosité par ce petit endroit, & y être ramassés ; ou que toutes les fibres, dont les extrémitez repandent dans la partie dissoute les esprits visuels, y sont resserrées. Car si l'expansion des fibres, la dilatation des esprits, & leur tranquillité est propre à la vision dans tout le reste de la Rétine, il est raisonnable de conclure que ce resserrement des fibres vers l'entrée du Nerf-optique, & le mouvement précipité des esprits, n'y est pas favorable.

Enfin cet endroit de la Rétine peut aussi être rendu mal-propre à la vision, comme vous l'estimez, par le défaut de la Choroïde qui est percée ; mais il ne s'ensuit pas de là que la Choroïde serve autrement à la vision que comme un des organes qui y contribuent quelque chose, sçavoir, en fermant toutes les avenuës à la lumière, & l'empêchant d'entrer par autre part que par la Prunelle : car il y a quelque raison de croire que la substance diaphane des paupières, des muscles, des glandes de l'œil, & des autres parties qui sont entre la Choroïde & l'orbite, peuvent par derrière donner quelque entrée à la lumière, jusqu'à l'endroit où ce défaut de la Choroïde se rencontre. Aussi semble-t-il que dans la nécessité qu'il y avoit de percer la Choroïde, pour donner passage dans l'œil au Nerf-optique, la nature ait eu soin d'étrécir cette ouverture autant qu'il étoit possible, puisqu'il se trouve qu'elle

fait toûjours un trou beaucoup plus étroit qu'il ne faudroit pour le Nerf-optique, qui se resserre en cet endroit pour se rélargir ensuite, en donnant naissance à la Rétine. Or ce trou par lequel la Rétine est en quelque façon illuminée, la prive de la principale disposition qu'elle doit avoir pour la vision, qui est d'être capable de l'altération par le moïen de laquelle la vision se fait: car la Rétine étant ainsi déja illuminée par derrière, n'est pas capable d'être illuminée par devant que très-foiblement par les rayons visuels; de même qu'une chambre qui a déja une fenêtre ouverte, n'est illuminée que foiblement lorsqu'on en ouvre une seconde, si l'on compare cette illumination à celle qu'elle reçoit par l'ouverture de la première, qui trouvant la chambre absolument obscure, y cause un changement bien notable par la première introduction de la lumière.

Ainsi vous voïez, Monsieur, que quand le défaut d'une partie de la Choroïde au droit du Nerf-optique contribueroit à empêcher la vision, cela ne prouveroit pas que cette membrane fût autre chose qu'un organe nécessaire à la perfection de cette action; ainsi qu'il y a plusieurs autres organes, comme la Pupille, le Ligament Ciliaire, le Cristallin, & les autres humeurs de l'œil, dont les dispositions convenables aident à la vision, mais qui n'en peuvent être reputés l'organe principal, comme la Rétine, &c.

RÉPONSE
DE
MONSIEUR MARIOTTE
A LA LETTRE DE
MONSIEUR PERRAULT.

MONSIEUR,

Je n'ai pas entrepris une petite affaire lorsque je me suis engagé à défendre les droits de la Choroïde, & je n'ose presque m'en promettre un heureux succès. Ceux qui n'ont pas une connoissance exacte de l'Anatomie de l'œil, & des régles de l'Optique, ne pourront comprendre ni mes raisonnemens, ni les faits que je suppose; & les Sçavans, par-

particulièrement les Sectateurs de la nouvelle Philosophie, étant prévenus, comme ils sont, en faveur de la Rétine, chercheront toûjours quelque nouvelle difficulté à m'opposer.

Tout ce que j'ai pu dire, ou écrire sur ce sujet jusques ici, n'a persuadé que fort peu de personnes; & la nouveauté, qui est ordinairement si bien reçûe, ne m'a pas été favorable en cette rencontre. Je ne me rebute pas pourtant; je trouve ma cause trop bonne pour l'abandonner; & quoique vrai-semblablement j'aie épuisé tout ce que je sçavois sur cette matière dans ma seconde lettre à Monsieur *Pecquet*, il me reste encore plusieurs raisons assez bonnes pour opposer à celles que vous emploïez pout combattre mon opinion. J'avoue, Monsieur, que la plûpart de vos objections sont très-fortes, & très-ingénieusement inventées: mais je ne les trouve pas convaincantes; & je crois pouvoir aisément les résoudre, & vous éclaircir suffisamment de vos doutes.

Toutes les difficultez que vous me faites, peuvent se réduire à trois principales.

La *première*, que les vaisseaux remplis de sang qui sont dans la Rétine, empêcheroient la vision, si la Choroïde en étoit le véritable organe.

La *seconde*, que la Choroïde n'est pas propre à cet usage pour plusieurs raisons, dont les principales sont: qu'elle est raboteuse, & inégale; qu'elle est trop dure, & trop épaisse; que les vaisseaux pleins de sang qui s'y répandent, y laissent une crasse & une noirceur qui l'empêche de bien recevoir l'impression de la lumière; & que cette membrane n'a point de commerce avec le Nerf-optique.

La *troisième*, que la Rétine est très-propre pour être le principal organe de la vision, & que supposant cette vérité, il est facile d'expliquer le défaut de vision qui se fait sur la base du Nerf-optique, par l'une ou l'autre des deux causes que vous apportez.

Pour suivre le même ordre, je diviserai ma réponse en trois parties.

Dans la *première*, je ferai voir que les vaisseaux de la Rétine, & leur disposition, fournissent des preuves très-fortes pour établir mon opinion, bien loin de la détruire.

La *deuxième* contiendra plusieurs raisons & expériences pour prouver que la Choroïde est très-propre pour l'usage que je lui attribue, dont les plus considérables sont: qu'elle est très-polie, & égale, & nullement raboteuse; qu'elle n'est ni dure, ni épaisse, mais souple & déliée, à fort peu près comme la Pie-mére dans le cerveau; que les vaisseaux pleins de sang dont elle est traversée, aident à la vision, bien loin de lui nuire; que la noirceur qu'ils y laissent, & dont elle est enduite & pénétrée, est nécessaire pour la rendre suffisamment sensible aux impressions de la lumière; & qu'elle a une parfaite communication avec le Nerf-optique, & avec le cerveau.

Dans la *troisième* & dernière, je tâcherai de faire connoître que la Rétine

tine n'est pas propre pour l'usage que vous lui attribuez, & que les deux causes que vous donnez du défaut de vision qu'on observe dans mon expérience, ne sont point dans la nature, & n'ont nulle existence réelle; & que si elles avoient quelque existence, elles causeroient le même défaut dans les autres parties de la Rétine, & supprimeroient entièrement la vision.

Je crains ici, Monsieur, que ceux qui méprisent la Philosophie, ne trouvent un sujet de raillerie dans la diversité de nos assertions, qui sont si manifestement opposées; & je ne puis déviner moi-même d'où peut proceder qu'en une chose de cette nature nous puissions avoir des vûës si différentes. Est-ce que nous avons manqué d'exactitude & de précision dans nos observations? Est-ce que les yeux des hommes & des animaux sur lesquels nous les avons faites, avoient des dispositions & des structures différentes; ou plûtôt que l'amour de nos inventions & des opinions dont nous sommes prévenus, nous fascine l'esprit & les yeux, pour nous empêcher de faire des réflexions sur ce qui est contraire à nos hypothèses, & pour nous faire appercevoir les choses autrement qu'elles ne sont? Mais quelles que puissent être les causes de cette contrariété de sentimens, je vais tâcher de vous expliquer les miens, & de satisfaire à ce que j'ai promis.

Pour résoudre votre première difficulté, je suppose trois choses, que je ne doute point que vous ne m'accordiez, puisqu'elles vous sont très-connues.

La *première* est, que lorsque quelque endroit de l'organe de la vision a reçû l'impression d'un objet lumineux ou illuminé, cette impression continue encore quelques momens: on en voit l'expérience lorsqu'on tourne en rond assez vîte un carbon ardent; car il paroît semblable à un cercle de feu, à cause que la seconde impression de la lumière se fait avant que la première soit effacée.

La *seconde* est, que les fibres de l'organe de la vision étant ébranlées par la réception de quelques rayons qui s'y réünissent, les fibres contigues, où il ne tombe aucun rayon, ne laissent pas d'en être ébranlées, & de donner une fausse apparence de lumière, qui amplifie la grandeur apparente du corps lumineux: c'est par cette raison que la flamme d'une chandelle un peu éloignée paroît la nuit beaucoup plus grande qu'elle ne devroit paroître.

Ma *troisième* supposition est, que les yeux sont extrêmement mobiles, & que ce qui nous fait voir si-tôt le détail exact d'un objet entier, est la promptitude avec laquelle nos yeux en parcourent toutes les parties par la vûë directe, comme on le connoît quand on lit: car encore qu'on apperçoive en même tems toutes les lignes d'une page par la vûë oblique, on ne peut les lire qu'en parcourant successivement avec la vûë directe tous les mots, & presque toutes les lettres de chaque mot; d'où il arrive que l'habitude que nos yeux ont à ce mou-

mouvement, nous empêche de les fixer facilement pendant un tems considérable à un point déterminé.

Ces choses étant accordées, examinons votre première objection. Vous dites, Monsieur, que les vaisseaux de la Rétine empêcheroient la vision, si la Choroïde en étoit le véritable organe, & qu'ils ne peuvent l'empêcher en la surface antérieure de la Rétine; & vous croïez que cette proposition est un argument convaincant pour détruire mon opinion.

Mais si vous entendez que ces vaisseaux causeroient seulement quelques défauts de vision peu considérables, je me sers de votre assertion contre vous-même: car je soûtiens qu'il y a de ces vaisseaux qui causent des défauts de vision; & parce qu'ils ne peuvent faire cet effet en la surface antérieure de la Rétine, puisqu'ils sont placés au-dessous selon votre hypothèse, il s'ensuit que cette surface n'est pas le véritable organe de la vision comme vous le prétendez.

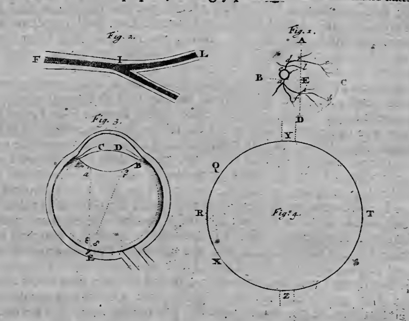
Que si vous entendez que ces vaisseaux feroient un préjudice notable à la vision, ou la supprimeroient entièrement, voici quelles sont mes pensées sur ce sujet. Je dis premièrement, que ces vaisseaux ne peuvent causer aucun défaut de vision sur la Choroïde quand on regarde les objets avec les deux yeux, parce qu'alors ils ne peuvent nuire ni à la vision directe, ni à la vision oblique: ils ne peuvent nuire à la vision directe, parce qu'il n'y a point de ces vaisseaux en l'endroit où l'axe de la vûë perce la Rétine, ni dans un espace considérable à l'entour: ils ne peuvent aussi nuire à la vision oblique, parce que les rayons d'un même point lumineux ne tombent pas sur les mêmes endroits dans chacun des yeux; & c'est par la même raison que lorsqu'on a les deux yeux ouverts, on ne s'apperçoit pas du défaut de vision qui se fait sur les bases des Nerfs-optiques. Je dis encore, que les vaisseaux de la Rétine qui sont proches de l'axe de la vûë, ne peuvent causer aucun défaut sensible de vision dans un seul œil, pour plusieurs raisons, dont les plus importantes sont: que ces vaisseaux sont transparens, & nullement opaques; que les petits filets de sang qui y coulent, n'ont pas plus d'épaisseur qu'un cheveu, c'est-à-dire, que la vingt-quatrième partie d'une ligne; & qu'étant situés la plûpart en la surface de la Rétine contigue à la membrane de l'humeur vitrée, ils sont trop éloignés de la Choroïde pour intercepter tous les rayons qui partent d'un point lumineux, & ils en laissent assez passer pour faire appercevoir les plus petits objets, s'ils sont suffisamment éclairés. Et à l'égard des vaisseaux qui sont plus éloignés de l'axe de la vûë, je demeure d'accord qu'il y en a quelques-uns dont les filets de sang sont assez gros pour causer quelque défaut de vision, particuliérement à leur sortie de la base du Nerf-optique, & dans les angles de leurs ramification: mais ces défauts de vision étant beaucoup moins considérables que celui qui se fait sur la base du Nerf-optique, puisque la

lar-

largeur de cette baſe eſt ſept ou huit fois plus grande que l'épaiſſeur des plus gros filets de ſang de ces vaiſſeaux, il s'enſuit qu'il eſt très-difficile de s'en appercevoir; & on ſera perſuadé de cette difficulté, ſi l'on conſidére qu'avant mon obſervation on ne s'étoit point apperçû de celui qui ſe fait ſur cette baſe; & c'eſt pour ce ſujet que je n'ai point parlé de ces petits défauts dans ma ſeconde lettre à Monſieur *Pecquet*. On peut pourtant les remarquer, & c'eſt un fait que je dois établir auſſi-bien que les autres que j'ai avancés, c'eſt-à-dire, qu'il faut que je vous explique de quelle ſorte vous pourrez obſerver tous les faits que je viens de ſuppoſer.

Pour cet effet aïez un œil bien frais, auquel avant que de l'ôter de l'orbite, on ait marqué deux lignes ſur la Cornée, l'une verticale, & l'autre horiſontale, ſe coupant à angles droits au centre de cette membrane; & après avoir coupé le Nerf-optique à fleur de la Choroïde, meſurez la circonférence de l'œil avec une petite bandelette de papier d'environ une ligne de largeur; marquez le milieu de cette bandelette avec un point noir, & poſez cette marque ſur le centre de la Cornée, & prenant de nouveau la meſure de la circonférence de l'œil ſelon l'une de ces lignes tracées, vous marquerez ſur la Sclérotique le point où les extrémitez de la bandelette ſe rencontreront dans la partie oppoſée à la Cornée; faites la même choſe à l'égard de l'autre ligne, & vous trouverez à fort peu près le point de l'axe de la vûë dans la ſurface extérieure de la Sclérotique; percez l'œil en cet endroit avec une aiguille juſques à deux ou trois lignes de profondeur, & aiant ôté l'aiguille, mettez en ſa place une petite épingle d'environ trois lignes de longueur, ou un petit clou à tête plate; coupez enſuite l'œil par la moitié, de la manière que je l'ai expliqué dans ma ſeconde lettre à Monſieur *Pecquet*, & vous verrez diſtinctement qu'il n'y aura aucun filet de ſang dans l'endroit où le petit clou aura percé la Rétine, ni dans un eſpace aſſez conſidérable à l'entour (dans les yeux des bœufs cet eſpace répond à l'ouverture oblongue de l'Uvée, & eſt à peu près d'une même figure & d'une même grandeur) vous verrez auſſi la diſpoſition des vaiſſeaux de la Rétine, à peu près comme ils ſont repréſentés en la figure 1e. à la page ſuivante, en laquelle le cercle ABCD repréſente la Rétine dans le fond de l'œil; le petit cercle *a e*, la baſe du Nerf-optique; AEC, BED, les projections de deux lignes qu'on ſuppoſe ſe couper à angles droits au point E, & repréſenter les ſections des plans qui paſſeroient par les deux lignes tirées ſur la Cornée; E, le point où l'axe de la vûë perce la Rétine; *edc*, *afb*, deux des plus larges vaiſſeaux de la Rétine, dont les troncs ſortent preſque toûjours du milieu de la baſe du nerf; *dl*, *fi*, deux petits rameaux de ceux qui ſont les plus proches du point E: il eſt vrai que ces choſes peuvent n'être pas préciſément de même en toutes ſortes d'yeux; mais la différence en étant peu conſidérable, on ne laiſ-

laissera pas d'en tirer les mêmes conséquences. Il faudra lever ensuite l'humeur vitrée de dessus la Rétine, & vous remarquerez que le sang de ses petits vaisseaux est d'un rouge très-vif; ce qui marque suffisamment que les membranes qui le contiennent, sont diaphanes & transparentes; car si elles étoient opaques, le sang y paroîtroit livide comme dans



les veines des autres parties du corps. Mais, pour être plus assuré de cette transparence, levez-en quelques filamens avec une aiguille; ce qui est facile, car ils sont la plûpart à fleur de la Rétine: mettez un petit carton par dessous; & quand ils y seront joints, coupez-en les extrémitez, & regardez ce qui sera sur le carton avec un bon microscope: ces petits vaisseaux coupés vous paroîtront à peu près comme la figure marquée 2, en laquelle la ligne noire FIL représente le filet de sang, & tout le reste est l'épaisseur de la membrane, qui vous paroîtra fort transparente, & beaucoup plus large que le filet de sang.

Considérez maintenant la figure de l'œil marquée 3, en laquelle AB représente le cristallin, CD l'ouverture de l'uvée, $\alpha\beta\gamma$ un cone de lumière produit d'un seul point d'un corps lumineux, $\delta\varepsilon$ une partie de la surface antérieure de la rétine proche de l'axe, qui sert de base au petit cone $\delta\varepsilon\gamma$ partie du grand $\alpha\beta\gamma$. Or CD ouverture de l'uvée est ordinairement de $\frac{4}{3}$ de ligne, & $\alpha\beta$ est à peu près de même largeur; $\beta\gamma$ est environ de six lignes $\frac{2}{3}$ ou $\frac{20}{3}$, & $\gamma\varepsilon$ d'un tiers de ligne: mais comme $\beta\gamma$ $\frac{20}{3}$ est à $\alpha\delta$ $\frac{4}{3}$, ainsi $\delta\gamma$ $\frac{1}{3}$ est à $\delta\varepsilon$: Donc $\delta\varepsilon$ sera environ $\frac{1}{15}$ de ligne. Mais, j'ai supposé que les petits filets de sang

 des

des plus petits vaisseaux n'avoient que la vingt-quatrième partie d'une ligne de largeur. Donc δε sera à l'épaisseur de ce petit filet de sang, comme vingt-quatre à quinze; & par conséquent s'il se rencontre un petit vaisseau dans l'espace δε, une partie considérable de ce cone de lumière passera deçà & delà du petit filet de sang jusques à la Choroïde; & si ce cone de lumière est produit par une étoile, on ne la perdra pas de vûë, quand même on pourroit fixer l'œil long-tems à un point indivisible dans le ciel. Mais, par ma troisième supposition, l'œil est trop mobile pour cet effet, & il doit arriver que quand par hazard on auroit fixé l'œil à ce point, & que l'étoile auroit été vûe foiblement, l'impression qui seroit restée de la vûë immédiatement précédente, & celle qui suivroit lorsque l'œil se fixeroit ailleurs un moment après, feroit paroître cette étoile comme si on l'avoit toûjours vûe également, ainsi qu'il a été dit du charbon ardent en la première supposition; & par conséquent il est comme impossible qu'on s'apperçoive de ces défauts de vision, ni que dans une vûë médiocrement oblique il paroisse qu'on ait perdu de vûë une étoile un peu considérable, lorsqu'on en regarde une autre un peu à côté, quand même la membrane transparente qui enferme le sang, auroit la réfraction semblable à celle de la Rétine: mais étant comme elle est d'une matière sulfurée, & par cette raison sa réfraction devant être à peu près comme celle du Cristallin, il se fera une réfraction des rayons qui tomberont dessus, & ils feront un petit foyer de lumière sur la Choroïde au-dessous du petit vaisseau au point γ, quand même il n'en seroit éloigné que d'un quart de ligne, ou encore moins; à cause que la différence de réfraction de ces membranes & de la Rétine étant fort petite, les rayons qui se rompent vers les extrémitez des petits vaisseaux, passent à côté des petits filets de sang. Ceux qui sçavent les régles de l'Optique, comprendront facilement cette raison, & ceux qui ne les sçavent point, pourront connoître la vérité de l'effet par l'expérience suivante:

Il faut avoir un tuyau de verre fort menu, comme d'une ligne, & l'emplir d'encre, en le trempant dedans; & après l'avoir essuïé en dehors, il faut l'exposer au soleil, & mettre un petit papier fort près au-dessous; & on verra que le petit tuyau fera ombre de toute sa largeur sur le papier. Mais, si on met dans de l'eau très-claire le tuyau avec le papier, & qu'il soit exposé de la même manière au soleil, on verra une petite lumière réünie sur le papier, directement au-dessous du tuyau; & on pourra juger la même chose à l'égard des petits vaisseaux de la Rétine: d'où il est facile de connoître, que lorsque la lune est vûe obliquement, on ne peut s'appercevoir d'aucun défaut de vision au sujet de ces vaisseaux, parce que la lune étant plus large de beaucoup qu'une étoile, sa lumière doit faire un foyer considérable passant par les membranes transparentes de ces vaisseaux; & la lumière

de

de ce foyer, aussi-bien que celle qui passe à côté de ces membranes sur la Choroïde, ébranle les fibres des nerfs voisins, où il ne tombe point de lumière de la lune sur la Choroïde, qui est d'environ $\frac{1}{12}$ de ligne, si la concavité du fond de l'œil est d'une sphére de sept lignes de rayon; & quand même les fibres des nerfs voisins ne seroient point ébranlées, on ne laisseroit pas de la voir, parce que cette lumière n'étant pas encore réünie, lorsqu'elle traverse la surface antérieure de la Rétine où sont les vaisseaux, elle y occupe un espace plus grand que la seiziéme partie d'une ligne. Par les mêmes raisons on ne verra point de défaut de vision à l'égard d'un grand papier qu'on voit obliquement, ou d'un autre objet d'une grandeur considérable; & par conséquent il n'y a point d'endroit dans la Choroïde au fond de l'œil où il ne se fasse quelque vision. Pour l'observation des pertes des petits objets par l'interposition des plus gros filets de sang, voici comme je la fais:

Je prens un cercle de papier d'un pied de diamétre, représenté par le cercle QRXT dans la figure quatrième, que j'applique contre un fond obscur: je mets environ à deux pieds de distance à droite un petit papier fort blanc & fort éclairé d'un demi pouce de diamétre; & je m'éloigne de ces papiers de dix pieds plus ou moins, jusques à ce que fixant l'œil droit sur le plus proche bord du grand rond de papier, je perde de vûë le petit, & que le fixant aussi à l'autre bord opposé, il me disparoisse aussi: il ne faut pas que le petit papier soit à même hauteur que le centre du grand, mais il doit être environ quatre pouces plus bas; enfin j'augmente ou je diminue ces distances, & je tâtone jusques à ce que promenant mon œil sur la circonférence du grand papier, je perde toûjours le petit, & que regardant un peu à côté, comme vers les points Q, R, S, T, je le revoïe; & alors je m'apperçois que vers les endroits marqués Y & Z, au-dessus & au-dessous du diamétre vertical de ce cercle, il y a un espace grand d'environ trois pouces, & de trois ou quatre lignes de largeur, où fixant l'œil, je perds encore le petit papier; ce que je ne peux attribuer qu'aux deux troncs des vaisseaux *afb*, *edc*, (Fig. 1[e].) qui au sortir de la base du Nerf-optique couvrent un espace de la Choroïde assez large, & en sont assez proches pour causer en cet endroit un défaut de vision. Et pour m'appercevoir des défauts de vision qui se font par l'interposition des gros vaisseaux *afb*, *edc*, dans quelques autres endroits plus éloignés de la base du nerf, je me sers de deux ou trois bandelettes de papier, larges d'un demi pouce, & longues d'un pied, marquées en travers de plusieurs grosses rayes noires; je les applique sur le même fond entre le grand & le petit papier environ deux pieds plus haut à une distance de trois ou quatre pouces l'une de l'autre, & dans une situation verticale; & alors étant assis à la même distance qu'auparavant, & aiant la tête appuïée fermement, je parcours avec le même œil les rayes noires de ces papiers, & les intervalles blancs, & je rencon-

tre presque toûjours quelque point, où fixant l'œil je perds de vûë le petit papier; ce qui arrive à ce que je crois, lorsque ses rayons tombent sur les angles des ramifications de ces gros vaisseaux *ab*, *ec*, ou dans leurs autres parties qui ont une largeur suffisante. J'ai fait plus de vingt fois cette expérience, & je puis vous assûrer y avoir presque toûjours réüssi. Mais, parce que lorsqu'on fixe trop long-tems un œil sur quelque point, la vûë se trouble un peu, & on perd souvent de vûë un petit objet qui est beaucoup à côté, pour m'assûrer que la perte que je faisois du petit papier, ne procedoit pas de cette cause, je fermois l'œil un peu de tems, le tenant toûjours dans la même situation; & l'ouvrant tout à coup, je le fixois au point que j'avois remarqué, & souvent le petit papier me disparoissoit; & le fixant ensuite un peu plus haut, ou un peu plus bas, je le revoïois; ce qui m'a suffisamment assûré qu'il se fait quelques défauts de vision par l'interposition des vaisseaux de la Rétine. Mais cette expérience est très-difficile, & je crois que peu de personnes auront la patience de la faire, & de s'accoutumer à fixer assez long-tems un œil à un point déterminé; ce qui est nécessaire: car si on ne l'y fixe qu'un moment, on croira avoir toûjours vû le petit papier, suivant ce qui a été dit ci-dessus. Par ces expériences & par ces raisonnemens vous pouvez connoître que les vaisseaux de la Rétine me fournissent une preuve très-forte contre votre systême: & puisque la nature a affecté de ne point placer de ces vaisseaux vers l'endroit où se fait la vision directe, que ceux qu'elle a placés près de cet endroit, sont très-peu larges, qu'ils ont tous leurs membranes transparentes, qu'ils sont éloignés de la Choroïde le plus qu'il a été possible, & que toutes ces précautions sont nécessaires pour empêcher des défauts considérables en la vision, si la Choroïde en est le principal organe; il faut croire que cette membrane a été destinée pour cet usage, & c'en est une preuve très-forte, & qui pourroit suffire, quand même il n'y auroit point d'autres raisons plus convaincantes.

La plûpart des faits que vous posez, pour soûtenir que la Choroïde n'est pas propre pour être l'organe de la vision, & les conséquences que vous tirez de ceux dont je demeure d'accord, me semblent avoir peu d'exactitude. Mais sans m'arrêter à les considérer en détail, je me contenterai de dire ici les proprietez que j'ai remarquées en cette membrane, & que vous pourrez remarquer comme moi, si vous les observez avec la même méthode.

Après avoir levé doucement la Rétine de dessus la Choroïde d'un œil demi coupé, soit d'un homme, ou d'un oiseau; j'expose le concave de cette dernière membrane à quelques objets terminés par des lignes droites, comme des clochers, des tours, des cheminées, &c. & j'y vois toutes les extrémitez de ces objets, & tous leurs linéamens exactement représentés sans se confondre avec le bleu de l'air, en sorte

qu'il n'y a point de miroir concave qui puisse les représenter mieux: or c'est ce qui n'arriveroit pas, si la Choroïde étoit raboteuse & inégale, comme vous le pensez. Il est vrai que si je la frotte avec le doigt, je brise un enduit noir ou petite pellicule qui la couvre, qui est beaucoup plus délicate que l'épiderme de la peau de la main, & je salis par la noirceur de cet enduit une humidité aqueuse & claire que la Rétine y laisse; & alors il paroît sur mon doigt de petits fragmens noirâtres, mêlés avec une partie de cette humidité qui s'y attache, qui est ce que vous appellez une bouë noirâtre mal détrempée. Mais vous n'en pouvez tirer aucune conséquence contre la polissure & l'égalité de la Choroïde, lorsqu'elle est en son état naturel, non plus que si vous aviez frotté le vif-argent qui est derrière un miroir, & qu'en s'attachant à votre doigt il vous parût inégal comme du sable, ou de la poudre grossière, vous ne pourriez conclure que sa surface qui touche le verre, ne fut très-polie & très-égale avant que vous y eussiez touché: & je m'étonne que vous puissiez douter de cette égalité de la Choroïde, puisque le même raisonnement que vous emploïez pour prouver que la surface antérieure de la Rétine est polie & égale, peut servir aussi pour prouver la même chose à l'égard de la Choroïde; car la concavité de la Sclérotique étant polie, & la surface convexe de l'humeur vitrée l'étant aussi, il est difficile que la Rétine & la Choroïde, qui sont pressées & serrées entre ces deux surfaces, ne s'accommodent à leurs figures. On peut connoître aussi avec la simple vûë la polissure de la Choroïde; mais elle paroît mieux dans les yeux des animaux à quatre pieds, à cause qu'une grande partie de cette membrane y est d'une couleur blanchâtre, qui la fait mieux discerner. Je ne détermine point si la vision se fait sur cette première surface de la Choroïde, que vous appellez le Tapis, ou si ce Tapis ne sert que d'épiderme; car il est croïable que les fibres de la Pie-mére s'y étendent aussi-bien que dans le reste de la Choroïde, puisque sa partie noire & sa partie blanchâtre ont une même continuité de fibres.

Après avoir examiné cette première surface, je lève la membrane entière, & je remarque que dans les yeux des hommes elle est mince & déliée comme une feuille de papier fin, c'est-à-dire, à peu près comme la Pie-mére dans le cerveau. Je remarque aussi, que dans la partie contigue à la Sclérotique, il y entre plusieurs petits vaisseaux remplis de sang: mais ces petits vaisseaux s'y entrelassent si bien avec les parties nerveuses, qu'il est difficile de les distinguer; & par cette raison ils ne peuvent non plus empêcher l'impression de la lumière sur cette membrane, que les vaisseaux qui s'étendent & se repandent dans la peau de la main, n'empêchent pas que le feu ne produise en toutes ses parties le sentiment de la chaleur, & que la pointe d'une aiguille n'y fasse sentir sa piquûre en quelque endroit qu'on l'y applique, sans que l'épiderme insensible qui la couvre, ni les petits vaisseaux pleins de

 sang,

sang, ou d'autre liqueur, qui y sont repandus, puissent nuire à ces sentimens; & même il arrive quelquefois qu'un des doigts de la main devient pâle & décoloré, & alors il n'a pas le sentiment si vif que les autres, comme si le sang contribuoit au sentiment en échauffant les nerfs, ou par quelque autre propriété. A l'égard de la noirceur qui paroît dans la Choroïde, elle est absolument nécessaire pour une vision exquise, comme je l'ai prouvé dans ma seconde lettre à Monsieur *Pecquet*: & vous sçavez aussi-bien que moi, que si on expose du marbre blanc & du marbre noir au soleil en Eté, le noir deviendra beaucoup plus chaud que le blanc; & que lorsqu'on ne peut allumer du papier blanc au soleil avec un verre convexe, on n'a qu'à le frotter d'encre, ou le salir avec du suc de quelque herbe, ou de quelque autre chose, pour y faire voir le feu presqu'en un moment.

J'avois fait dessein de montrer ici que la Choroïde a plus de communication avec le Nerf-optique, & ensuite avec le cerveau, que la Rétine; mais parce que vous pourrez voir les raisons que j'en donne dans ma seconde lettre à Monsieur *Pecquet*, j'ai cru que ce seroit une chose inutile de les repéter. Il me suffit de dire, que si par le Nerf-optique vous entendez sa moelle, l'objection que vous me faites qu'il n'a point de commerce avec la Choroïde, est une pétition de principe, puisque je soûtiens que cette partie du Nerf-optique est insensible à la lumière.

Je ne m'arrêterai pas aussi à redire les raisons qui sont dans la même lettre, pour montrer que la Rétine n'est pas propre pour être l'organe de la vision. J'ajoûterai seulement, que sa première surface étant considérée comme indivisible, est un être Mathématique, qui ne peut produire ni recevoir aucun effet naturel; & qu'étant considérée comme aiant quelque épaisseur, les petits vaisseaux remplis de sang qui s'y rencontrent, y causeroient des défauts considérables de vision, parce que les cones de lumière s'y termineroient, outre que sa mollesse la rend mal-propre à transmettre au cerveau les impressions de la lumière, au lieu que la Choroïde est très-bien disposée pour cet effet. On en voit l'expérience dans une longue piéce de bois, ou dans une longue corde tendue: car la corde & la piéce de bois transmettent facilement de l'une de leurs extrémitez à l'autre l'impression du choc qu'elles reçoivent; ce que ne pourroit faire que très-foiblement un long amas d'une matière semblable à la mucosité dans les organes des autres sens, qui ont tous beaucoup de rapport à la Choroïde; ce qui doit faire juger que toutes les sensations se font par le moïen des membranes qui procédent de la Pie-mére, desquelles les nerfs sont revêtus, & que la moelle du nerf ne sert qu'à contenir les esprits, ou les subtiles liqueurs, qui servent aux mouvemens, & à quelques autres usages.

Il ne me reste donc plus, Monsieur, qu'à parler des deux causes que

que vous apportez du défaut de vision qui se fait sur la base du nerf.

La première est presque semblable à l'une de celles que donne Monsieur *Pecquet*, sinon qu'au lieu d'une houpe de petites fibres qu'il fait sortir de la base du nerf, vous la couvrez d'un fagot de fibres serrées. Mais cette hypothèse est contraire aux observations; car ces fibres n'ont jamais été apperçûes de personne. J'ai manié & pressé entre mes doigts plusieurs Rétines de plusieurs sortes d'animaux: je les ai regardées avec d'excellens microscopes, & je n'y ai jamais pu remarquer qu'une mucosité uniforme, sans autres filamens que ceux des petites veines & artéres; & c'est en conséquence de ces observations que je nie l'existence de la première cause que vous donnez du défaut de vision qu'on remarque dans mon expérience.

Je nie aussi l'existence de la seconde, c'est-à-dire, que je soûtiens qu'il ne passe dans l'œil aucune lumière sensible par derrière au travers des Nerfs-optiques. La raison est, que la lumière qui a fait plusieurs réflexions, est plus foible que la lumière directe: or si je couvre exactement mes deux yeux avec mes deux mains, & que je les tienne fermés en même tems, j'apperçois une obscurité aussi entière en me tournant vers un objet fort éclairé, qu'en me tournant vers un lieu très-obscur. Cependant la chair des mains & les paupières ne sont pas plus épaisses, & sont aussi transparentes que les muscles de l'œil, & que les fibres & les enveloppes du Nerf-optique; & par conséquent la lumière devroit passer directement avec autant de facilité à travers les mains, & à travers les paupières, qu'à travers les muscles de l'œil, & ensuite par réflexion à travers le Nerf-optique: d'où je conclus qu'il ne peut passer par derrière aucune lumière sensible à travers la base de ce nerf.

Il m'est encore facile de prouver que si ces causes étoient véritables, c'est-à-dire, s'il y avoit un faisceau de fibres qui étoupât la base du Nerf-optique, ou s'il y passoit une lumière considérable par derrière; ces choses supprimeroient aussi-bien la vision dans le reste de la surface antérieure de la Rétine, que dans le petit cercle qui répond directement à cette base: car puisque cette petite surface circulaire n'est pas moins polie que celle où passe l'axe de la vûë, puisqu'elles sont également contigues à l'humeur vitrée; l'impression que l'une reçoit de la lumière, ne s'étendroit pas plus facilement que celle que reçoit l'autre à travers ce faisceau de fibres, pour se communiquer au cerveau; & le mouvement précipité des esprits visuels, que vous supposez en cet endroit, n'empêcheroit guéres moins leur tranquillité vers l'axe de la vûë, que vers la partie qui est directement exposée à ces fibres serrées. Il m'est encore impossible de comprendre comme il se pourroit faire que la lumière qui passeroit par derrière par l'ouverture que laisse la Choroïde, ne pût faire son impression que précisément

ment sur la partie de la surface de la Rétine qui lui correspond, puisqu'y entrant par réflexion, elle s'étendroit obliquement de tous côtez. On en voit l'expérience lorsqu'on laisse entrer par un très-petit trou dans une chambre fermée la lumière qui se réfléchit sur quelque maison opposée: car si on met un papier blanc vis-à-vis de ce petit trou, à deux ou trois pieds de distance; on verra des images obscures des diverses parties de la maison sur les parties du papier qui sont à côté, aussi-bien que sur celle qui lui est directement & précisément opposée. On pourra remarquer aussi, que les objets qu'on ne pouvoit distinguer dans la chambre avec cette foible lumière, seront facilement distingués quand on ouvrira les fenêtres; ce qui détruit entièrement votre seconde cause. &c.

F I N.



TRAITÉ
DU
NIVELLEMENT,
AVEC
LA DESCRIPTION
DE QUELQUES NIVEAUX
nouvellement inventés

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Roïale des Sciences.

Imprimé ſur la dernière & la plus complette Edition, augmentée & corrigée de nouveau.

TRAITÉ DU NIVELLEMENT.

DÉFINITIONS.

I.



Eux points sont dits être de niveau entr'eux, lorsqu'ils sont également distans du centre de la terre; & un rectangle est dit être de niveau, ou posé horisontalement, lorsqu'une ligne tirée du centre de la terre au point où s'entrecoupent les diagonales du rectangle, est perpendiculaire au plan du rectangle; & ce point sera dit point d'attouchement.

II.

Lorsqu'un plan touche une sphére qui a pour centre le centre de la terre, chaque point pris dans ce plan est dit être dans un même plan de niveau avec le point d'attouchement.

III.

Un point est dit avoir son apparence dans le plan du niveau, lorsqu'il paroît dans ce plan; soit qu'il y soit réellement, ou que les réfractions l'y fassent paroître.

SUPPOSITIONS.

I.

Si l'on verse de l'eau au point d'attouchement d'une surface horisontale d'un corps auquel l'eau ne s'attache pas facilement, elle se mettra de niveau; c'est-à-dire, que lorsqu'elle sera calme & arrêtée, tous les points pris en sa surface supérieure seront également distans du centre de la terre, hormis vers ses extrémitez, où elle prendra une figure courbe fort convexe. Comme, si la ligne mixte ABCD est la section d'un plan & d'une surface d'eau étendue sur une surface plane horisontale; tous les points pris en la partie BC seront de niveau entr'eux: mais les extrémitez AB, CD, auront une courbure convexe; & la plus grande épaisseur que puisse prendre l'eau versée sur cette surface, sera d'environ une ligne & demi, qui est la huitième partie d'un pouce; & la courbure AB, ou CD, n'excédera pas un pouce. Que si l'on verse davantage d'eau, & qu'elle s'étende comme jusques en L & en M, tous les points que l'on prendra en GBECH, seront aussi de niveau entr'eux, & GL & HM prendront une courbure semblable à cel-

TAB. XXII. Fig. 1.

celle de AB. Que si la surface où l'eau est versée, est de bois, ou de quelque autre matière où l'eau s'attache, l'eau s'étendra d'elle-même peu à peu, quoiqu'on n'y en verse point de nouvelle, & diminuera d'épaisseur; ce qu'on évitera, si on met de la cire aux extrémitez M & L, ou quelque autre matière séche & grasse: mais GBECH, étant partie d'une circonférence d'un grand cercle dont le rayon est le demi diamétre de la terre, sera prise pour une ligne droite, lorsqu'elle n'excéde pas cinq ou six pieds puisqu'il n'y peut avoir aucune sensible différence entre cette ligne courbe & sa tangente au point E, supposé également distant de G & H.

II.

Si l'on met de l'eau dans un vaisseau de bois, comme ABCD, la ligne EF étant dans la surface de l'eau, lorsque l'eau aura humecté peu à peu les parties vers G & I, elle prendra vers ses extrémitez E & F une courbure concave comme GH, IL; mais le reste HL aura toutes ses parties de niveau entr'elles, & EH, ou FL, n'excédera pas un pouce. TAB. XXII. Fig. 2.

III.

Si un plan est incliné à un plan de niveau au point d'attouchement, l'eau qu'on versera sur ce plan, coulera vers le plan de niveau. AB représente le plan de niveau, & DC le plan incliné; C est le point commun des deux sections: l'eau coulera de D vers C, si elle est en quantité suffisante. Ces trois suppositions se prouvent facilement par l'expérience. TAB. XXII. Fig. 3.

IV.

Les points qui sont dans un même plan de niveau également distans du point d'attouchement, sont de niveau entr'eux; mais ceux qui en sont inégalement distans, sont inégalement distans du centre de la terre, & ne sont pas de niveau entr'eux.

LEMME.

Si l'on verse de l'eau ou une autre liqueur à l'extrémité d'un parallélogramme de niveau d'une telle matière qu'elle ne s'y attache point, elle coulera vers le point d'attouchement. Soit BEGNDC la commune section d'un parallélogramme de niveau & d'un grand cercle de la terre HGI, dont A est le centre & G le point d'attouchement: & du centre A soit décrit le cercle FED, de l'intervalle AD; & le cercle NO, de l'intervalle AN; & LDM & PNQ soient les touchantes aux points D & N. Or DC étant inclinée à LDM au point D, l'eau coulera de C en D, par la troisième supposition; & de D en N, par la même supposition; & ensuite vers G point d'attouchement de la ligne BC & du cercle HGI, puisqu'on peut décrire toûjours d'autres cercles entre NO & GI, qui seront coupés par la ligne TAB. XXII. Fig. 4.

 GC,

GC; & par conséquent elle sera toûjours inclinée aux touchantes en ce point, & l'eau coulera jusques au point G, qui est le plus près du centre A: mais si on verse l'eau fort près de G en petite quantité, & qu'elle s'attache à la matière; cet attachement pourra surpasser son impulsion du côté de G, & l'empêcher de couler au commencement qu'elle sera versée.

DESCRIPTION DU NIVEAU,

ou instrument pour niveller.

TAB. XXII. Fig. 7. CE niveau est un petit canal de bois d'une seule piéce, représenté en la 7e. figure. AB, largeur du niveau, est de 4 ou 5 pouces; sa longueur BC est depuis 2 pieds jusques à 5 ou 6; sa hauteur AD, de 2 ou 3 pouces; son épaisseur par en-bas, EF, est d'un demi pouce; & IL, épaisseur des côtez, est d'environ 3 lignes, afin qu'il reste environ 4 pouces pour la largeur de la surface OG, sur laquelle on doit verser de l'eau pour niveller. Cette surface doit être enduite de cire près de ses extrémitez selon toute sa largeur, & de la longueur d'environ 4 ou 5 pouces, comme depuis H jusques à M & de N jusques à P, en sorte que si un plan perpendiculaire à cette surface la coupe par le milieu en sa longueur, la section de la cire & de la surface soit comme en la figure 8e, où ABEFCD est la section de la surface sur laquelle on verse l'eau; la hauteur & la longueur de la cire est représentée par les triangles BGE, CHF; sa figure solide est comme le coin IL en la 5e. figure; AB ou CD, distance des extrémitez du niveau jusques à la cire, est de 4 ou 5 pouces; & BG ou CH est d'une ligne de hauteur, afin que l'eau étant versée sur le niveau jusques à ce qu'elle s'étende en M & N, sa surface supérieure, représentée par la ligne ponctuée OP, soit plus élevée que les points G & H, puisque par la première supposition elle aura plus d'une ligne de hauteur.

TAB. XXII. Fig 8.

Or si l'on verse de l'eau doucement dans le milieu de ce niveau posé à peu près horisontalement, elle s'étendra peu à peu vers les extrémitez; & si l'on voit qu'elle coule plus d'un côté que de l'autre, il faudra élever l'extrémité la plus basse avec de petits coins de bois, & faire en sorte que l'eau aille de part & d'autre jusques sur la cire, à peu près en égale distance de GB & CH; & parce que l'eau ne s'attache pas facilement à la cire, elle s'y arrêtera sans couler plus loin, & rien n'empêchera que l'on ne voïe tout le long de sa surface supérieure qui sera de niveau, à la réserve de ses extrémitez vers M & N, & joignant les côtez du niveau, par la première & seconde supposition. Il n'est pas nécessaire d'observer précisément toutes les mesures ci-dessus, & l'on y peut un peu ajoûter ou diminuer.

USA-

USAGE DE CE NIVEAU.

SI l'on veut trouver deux points de niveau éloignés l'un de l'autre d'environ 200 pieds, il faut placer le niveau au milieu de la distance; & après l'avoir tourné du côté des points à niveller, en sorte qu'un plan passant par ces points coupe le niveau selon la longueur, on y versera l'eau, comme il a été dit ci-dessus; puis on taillera une petite bande de papier ou de carton blanc, qui ait les angles droits & les côtez opposés paralleles, longue d'environ 12 pouces, & large de deux, comme ABCD, près du milieu de laquelle on tirera deux lignes noires paralleles à AB, comme FE, GH, distantes de 2 ou 3 pouces l'une de l'autre, & on les grossira jusques à la largeur d'environ 2 ou 3 lignes; après on fera porter ce papier vers l'un des points qu'on voudra niveller, & le faisant tenir perpendiculairement à l'horison, en sorte que les lignes FE, GH, qu'on appellera les signes, soient à peu près horisontales, on le fera hausser & baisser, jusques à ce que tenant l'œil environ à un demi pied de distance du niveau, & un peu plus haut que la surface de l'eau, l'on voïe dans l'eau l'image du signe supérieur, & non celle du signe inférieur, & que les trois signes noirs qui paroîtront, sçavoir les deux du papier & l'image du supérieur, soient apparemment en égales distances entr'eux; ce que l'on observera facilement, si l'œil étant suffisamment baissé, on fait baisser le papier, au cas que le troisième signe, qui est l'image du supérieur, paroisse trop éloigné de celui du milieu, ou qu'on le fasse hausser s'il en paroît trop proche; & lorsqu'on les jugera tous trois en distances égales, le milieu de la largeur du signe inférieur sera dans un même plan de niveau avec le milieu de la surface de l'eau, & si l'on marque contre un mur, ou ailleurs un point de même hauteur que ce milieu du signe inférieur, ce sera un des points requis: l'on fera de même de l'autre part, & l'on aura deux points distans entr'eux de 200 pieds, également distans du centre de la terre. TAB. XXII. Fig. 6.

DÉMONSTRATION.

AB est une ligne de commune section d'un plan vertical, & de la surface horisontale de l'eau qui est dans le niveau; la ligne CD, perpendiculaire à l'horison, est la section de la bande de papier où sont les signes par le même plan vertical; E & C sont des points dans le milieu des signes. Or si l'on suppose que la ligne AB comme droite soit continuée en E, & que l'œil soit en F; un rayon de C, tombant sur l'eau en G, se réfléchira en F, si l'angle CGE est égal à FGA, & le point C sera vû par réflexion au point D, & DE sera égal à CE par les principes d'Optique. Que si l'œil est reculé en L, ou abaissé TAB. XXIII. Fig. 9.

 en

en H, il verra l'image du point C en D selon la ligne LHID; & plus l'œil sera proche de l'eau, ou éloigné de CD, plus le point d'intersection du rayon visuel & de la ligne AE s'approchera du point A: comme, s'il est en M, ce point sera N dans la surface de l'eau qui est dans le niveau, & ED paroîtra toûjours égale à EC; & par conséquent le point E, qui est au milieu du signe inférieur, sera dans le même plan horisontal que la ligne AB, ou que le plan touchant la ligne AB au point N, qui dans une distance comme de cent pieds, peut être pris pour une même chose, puisque la différence n'est pas $\frac{1}{27}$ de ligne, supposant le demi diamétre de la terre de 20000000 pieds, laquelle différence est insensible. Mais quand par quelque cause naturelle inconnue, le point E paroîtroit plus haut que le juste niveau, le point à niveller de l'autre part paroîtra aussi plus haut; si plus bas, l'autre paroîtra aussi plus bas dans les mêmes proportions: donc ils seront toûjours dans un même plan de niveau; & étant également distans du point N, ils seront également distans du centre de la terre par la quatrième supposition.

Ceux qui n'entendent pas les démonstrations, & qui ont quelquefois remarqué, que lorsqu'une eau dormante bat contre un mur de pierre de taille, les jointures des pierres paroissent aussi enfoncées sous l'eau qu'elles sont élevées au-dessus, soit qu'on en soit loin ou près, & à quelque distance que les yeux soient de l'eau, pourront connoître la certitude & la justesse de ce nivellement, & que l'image du point C doit toûjours paroître autant au-dessous de la ligne AE, qu'il est élevé au-dessus.

Que si l'on objecte qu'on ne peut juger précisément quand le point E est également distant de D & C; l'on répond que l'excès, ou le défaut, s'il y en a, sera moindre qu'une demi ligne dans une distance de 100 pieds: car si dans une même bande de papier blanc on met trois lignes paralleles A, B, C, en égales distances d'un pouce, & trois autres D, E, F, en inégales distances, dont la différence soit d'une ligne; l'on connoîtra facilement la distance inégale EF. De même, si ABE est une ligne de niveau de 100 pieds, & AB, section de l'eau du niveau, une ligne de 2 ou 3 pieds; & qu'on éléve la ligne CD d'une demi ligne, en sorte que le point E soit comme en F: le point C sera aussi élevé d'une demi ligne comme en G; & l'image du point F paroîtra comme en H, EH étant d'une demi ligne; & HI étant égale à GF, l'image du point G paroîtra en I. Donc FI excédera FG d'une ligne entière, lequel excès est facilement discerné d'une distance de 100 pieds: donc l'erreur sera toûjours moindre que FE égale à une demi ligne; & dans les autres distances à proportion, si on augmente la largeur des signes & leurs intervalles à proportion des distances. On peut encore objecter que les lignes EC & ED étant vûes du point M, l'angle EMC sera plus grand que l'angle EMD; ce qui doit faire paroître EC plus

TAB. XXIII. Fig. 10.

TAB. XXIII. Fig. 11.

TAB. XXIII. Fig. 9.

plus grand que ED. A cela on répond que cette différence d'angle eſt inſenſible, & que puiſque l'œil en M ne doit être élevé qu'environ une ligne au-deſſus de la ſurface de l'eau AB, cette élévation n'empêche pas qu'on ne juge à fort peu près de l'égalité de ces lignes. Lorſqu'on fait pluſieurs nivellemens de ſuite, il faut à chaque fois verſer l'eau du niveau par un des bouts, qu'on eſſuïera enſuite exactement avec un linge; car autrement l'eau couleroit hors du niveau, quand on y en verſeroit pour faire un ſecond nivellement.

Lorſque les diſtances excédent 30 toiſes, il faut ſe ſervir au lieu de papier d'un petit ais long de 3 ou 4 pieds, & large de 4 ou 5 pouces, ſur lequel, ſi le fond eſt noir, on collera, ou on attachera deux bandes de papier blanc larges d'un demi pouce, & d'un intervalle de 4 ou 5 pouces pour ſervir de ſignes; & on obſervera que ces ſignes ſoient plus éloignés des extrémitez de l'ais qu'ils ne ſont entr'eux, pour faire bien diſcerner l'image du ſigne ſupérieur: ces ſignes ſeront paralleles les uns aux autres, & on tirera une ligne noire dans le milieu de l'inférieur, pour marquer le vrai endroit du niveau; il y aura un manche au haut de l'ais pour le tenir plus commodément perpendiculaire à l'horiſon. Il faut augmenter la largeur & la diſtance des ſignes, lorſque les diſtances des points à niveller ſont plus grandes. Que ſi ces diſtances excédent 400 toiſes, il faudra ſe ſervir d'une perche, au haut & vers le bas de laquelle on ſuſpendra deux petits ais larges de huit ou dix pouces, & longs d'environ 2 pieds, éloignés l'un de l'autre de 8 ou 10 pieds, pour ſervir de ſignes; leſquels ais ſeront blancs ou noirs ſelon le fond qui ſera par derrière; & on augmentera la grandeur de ces ais & leurs intervalles, juſques à ce qu'on puiſſe diſcerner la réflexion du ſigne ſupérieur.

On ſe perfectionnera par l'uſage dans la facilité de ſe ſervir de ce niveau; & pour vérifier ſon exactitude, on choiſira une eau dormante d'environ 60 ou 80 toiſes de longueur; & après avoir élevé le niveau ſur le bord de l'eau, en ſorte qu'un pendule mis à l'extrémité du niveau trempe dans l'eau, on meſurera la hauteur depuis l'eau dormante juſques à la ſurface ſupérieure de l'eau du niveau marquée par un point à l'extrémité du niveau, comme le point X dans la figure ſeptième: après on poſera un bâton vers l'autre bord de cette eau dormante, en le plantant perpendiculairement ou à peu près; & on fera couler l'ais avec les ſignes blancs ou noirs le long du bâton, juſques à ce qu'on ait trouvé le point de niveau, comme il a été enſeigné ci-deſſus: enſuite on meſurera avec le pendule la diſtance du milieu du ſigne inférieur juſqu'à l'eau, & ſi on la trouve à peu près égale à la première meſure, on ſera aſſûré de la bonté du niveau.

On peut auſſi, faute d'eau dormante, vérifier cette juſteſſe en prenant trois points éloignés l'un de l'autre de 100 ou 120 toiſes. Car, ſi on nivelle le premier & le deuxième, puis après le deuxième & le troi-

troisième, & enfin le troisième & le premier; & qu'on trouve le même premier point en ce dernier nivellement à 7 ou 8 lignes près; on sera assûré de la bonté du niveau, & du nivellement, du moins si on fait plusieurs semblables expériences: car encore que le nivellement ne fût pas juste, il pourroit arriver que, si dans les deux premiers nivellemens on avoit pris trop haut de 3 ou 4 pieds, on prendroit trop bas de 3 ou 4 pieds au dernier, & par ce moïen l'une des erreurs recompenseroit l'autre. On connoîtra par ces mêmes expériences les défauts des autres niveaux.

Le défaut ordinaire des niveaux qui sont le plus en usage, est, qu'ils ne déterminent pas un point certain; soit qu'on regarde par des fentes, ou par de petits trous, ou le long d'une surface plane; ou qu'on se serve de deux filets tendus horisontalement: lequel défaut procéde de ce que la prunelle de l'œil a quelque largeur, & que l'on ne peut discerner lorsque son centre est en une même ligne droite avec deux points visibles.

Le Chorobate décrit par Vitruve en son *huitième Livre*, *Chapitre sixième*, a encore un autre défaut, qui est, qu'on ne peut juger précisément quand la surface de l'eau est le long de la ligne qui y est marquée; parce que l'eau faisant une concavité près de cette ligne par la seconde supposition, on ne peut reconnoître l'extrémité supérieure de cette concavité. D'ailleurs, supposant, comme il fait, la longueur du Chorobate de 20 pieds, il sera difficile de l'empêcher de se courber par son poids, s'il est peu épais; & s'il l'est beaucoup, il sera incommode à transporter d'un lieu à un autre, & il ne laissera pas de se courber un peu, même la chaleur du soleil lui fera perdre sa rectitude: en tous lesquels cas il sera sujet à de grandes erreurs, sans celle qui doit arriver lorsque les points de mire, c'est-à-dire, les fentes, ou les petits trous au travers desquels on regarde les objets à niveller, ne sont pas en une ligne parallele à la surface de l'eau. La double équière dont on se sert ordinairement, semblable à la lettre T, & qui est le même Chorobate décrit par *Vitruve*, lorsqu'au lieu d'eau on se sert d'un pendule, a aussi de grands défauts; car il est très-difficile de faire en sorte que la ligne qui est tracée le long de la régle où doit battre le fil du pendule, soit précisément à angles droits sur l'autre régle. Il est encore plus difficile de mettre cette ligne parfaitement perpendiculaire à l'horison; car cela consiste en un point indivisible, de la même sorte qu'on ne peut faire tenir debout une épée par sa pointe sur un miroir bien uni: & quand par hazard on auroit mis cette ligne à plomb, on ne la pourroit connoître qu'à peu près, parce qu'il est impossible de discerner si le centre de l'œil, le fil du pendule, & cette ligne, ou le point qui sera marqué vers son extremité inférieure, sont en un même plan; & s'ils ne sont pas en un même plan, il se fera parallaxe; ce qui empêchera de connoître la juste position de cette ligne. Il y aura encore du

du doute si les points de mire sont dans un même plan parallele au plan de la régle horisontale: outre que le plomb est presque toûjours en mouvement, tant à cause du vent, que par celui qu'on lui donne en l'ajustant, qui ne s'arrête de long-tems; & si le plan de l'autre régle n'est pas perpendiculaire à l'horison, il arrivera, ou que le fil du pendule s'en éloignera trop, ou qu'il s'appuïera contre, & s'arrêtera ailleurs que dans son vrai point, & souvent les vibrations se feront de travers ou en ovale, tant parce que le fil est tors, que par d'autres causes: toutes lesquelles choses empêcheront de connoître la juste situation de ce niveau, quelque exactitude qu'on y puisse apporter; & si on est peu exact, le nivellement sera fort défectueux.

On trouvera de semblables défauts, à peu près, dans les autres niveaux qui sont en usage. Et il est facile de juger, qu'ils doivent être beaucoup au-dessous de la justesse & de la certitude de celui qui est décrit ci-dessus: parce que l'eau se met toûjours d'elle-même en un parfait niveau; que l'angle de réflexion est toûjours égal à celui d'incidence; & qu'on ne manque jamais à discerner, à fort peu près, si les distances de trois lignes paralleles peu éloignées l'une de l'autre, sont égales entr'elles ou non. Que si on ne veut rien donner à l'estime, & qu'on veuille niveller dans une parfaite précision; on ajoûtera à ce niveau des lunettes d'approche, comme il sera enseigné ci-après.

Lorsqu'on nivelle à la campagne, il fait ordinairement du vent, qui fait rider le haut de l'eau du niveau, de manière qu'on ne peut pas discerner nettement l'image du signe supérieur. Pour remédier à ce défaut, il faut couvrir le niveau avec un autre canal un peu plus large & plus long, & creux d'environ un pouce; & par ce moïen l'eau demeurera calme, & sans rides, si le vent est foible, & qu'il vienne de travers, ou par derrière. On attachera aussi à l'extrémité de cette couverture qui passe au-delà du niveau, une feuille de carton, ou autre chose semblable, du côté que vient le vent, s'il est un peu fort, afin qu'il ne se rabatte pas dans le canal. Que si le vent enfiloit directement le canal, on pourra mettre une glace de miroir bien fine un peu au-delà de la cire, à travers de laquelle on verra les objets très-distinctement, & on attachera un petit quarré de carton au haut de la couverture, qui descendra un peu plus bas que le haut du verre; ce qui mettra suffisamment l'eau du niveau à couvert. Mais, parce que les surfaces de ces glaces de miroir sont rarement bien planes & paralleles, il faudra les éprouver en un lieu où il ne fasse point de vent, & les mettre en sorte qu'on voïe au travers la même égalité de distance des signes entr'eux, qu'on voïoit sans le verre. Pour faire cette épreuve juste, il faut faire une renure au fond & aux côtez du niveau un peu au-delà de la cire, pour y mettre un petit quadre de fer blanc ou d'autre matière qui portera le verre, qui doit être rond, & qu'on tournera de tous côtez, jusques à ce qu'il fasse un bon effet; & on mar-

quera cette ſituation, pour le mettre toûjours de même, ou pour l'y affermir. Mais ſi on ne veut pas ſe ſervir de verre dans le doute qu'il pourroit cauſer de l'erreur, on ne nivellera pas droit à l'objet d'où vient le vent, mais on nivellera un autre objet à côté, & enſuite on fera un ſecond nivellement vers l'endroit à niveller; & par ce moïen le vent ne pourra nuire, pourvû qu'il ſoit foible: mais s'il eſt médiocre, il faudra, avant que de mettre l'eau dans le niveau, le poſer ſur un ais plus long d'environ 2 pieds, & de 12 ou 15 pouces de largeur; & après avoir tout préparé comme il eſt dit ci-deſſus, on couvrira l'ais & le niveau d'une couverture de bois léger, ſemblable à une caiſſe ſans couvercle, un peu moins longue & large que l'ais, & d'environ un pied de hauteur. On y fera une ouverture quarrée de 3 ou 4 pouces à chaque extrémité, pour pouvoir regarder le long de l'eau les objets à niveller: on pourra même ajuſter quelque petite piéce de cuir ou de toile à l'ouverture du côté de l'œil, qui ſe ſerrera comme une bourſe à l'entour d'un petit tuyau d'environ un pouce de largeur, de maniére que l'œil, s'appliquant à ce tuyau pour regarder le long de l'eau, il ne puiſſe entrer de vent de ce côté-là. On fera, ſi l'on veut, cette couverture de toile un peu épaiſſe, qu'on ſoûtiendra au-deſſus du niveau, par le moïen de pluſieurs petits bâtons plantés ſur les bords de l'ais, & élevés perpendiculairement; & par le moïen de ces couvertures le niveau ſera ſuffiſamment à l'abri du vent, pourvû que le vent ne ſoit que médiocre, ou un peu plus que médiocre: car s'il eſt grand & violent, il eſt difficile d'empêcher qu'il ne donne quelque mouvement à l'eau, & il ne faut pas alors entreprendre de niveller.

On peut mettre du vif-argent dans le niveau au lieu d'eau, après l'avoir paſſé au travers d'un linge, ou d'une peau de chamois pour en ôter la craſſe: mais au lieu de cire, il faudra coller ſur le fond du niveau un petit filet de bois d'une ligne de hauteur, pour empêcher le vif-argent de couler; & on aura cet avantage, que le vent ne fera pas ſi facilement rider ſa ſurface, & qu'il repréſentera mieux l'image du ſigne ſupérieur; & pour empêcher qu'il ne ſe perde en coulant hors du niveau, (car il faut être bien exact pour l'empêcher,) on ſuſpendra vers ſes extrémitez de petits vaiſſeaux de bois pour le recevoir.

Dans les grandes diſtances, comme de 1000 toiſes & au-delà, l'extrémité de la tangente qui eſt dans le plan de niveau, eſt ſenſiblement plus éloignée du centre de la terre que le point où elle touche le milieu de l'eau du niveau, comme on peut voir par la 4e. figure, où G D eſt la tangente, & G le point d'attouchement. Pour calculer cette différence, qui n'eſt autre choſe que R D, différence du rayon A R, & de la ſécante A D; il faut réduire en pieds le demi diamétre de la terre, & à ſon quarré ajoûter le quarré de la diſtance à niveller réduite auſſi en pieds, & de la ſomme tirer la racine quarrée, de laquelle étant ôté le demi diamétre de la terre, le reſte ſera cette différence préciſément.

TAB. XXII. Fig. 4.

ment. Pour abréger ce calcul, après avoir trouvé le quarré de la distance nivellée, il faut le diviser par 40000000 pieds, qu'on suppose être le diamétre entier de la terre, & le quotient sera la différence réquise à fort peu près; comme, si la distance est de 5000 pieds, son quarré est 25000000, lequel étant divisé par 40000000, donne pour quotient $\frac{5}{8}$ de pied ou 90 lignes, qui est la différence réquise.

Ce calcul est fondé sur la 36. du troisième d'*Euclide*, excepté qu'on ne considére pas le petit quarré de $\frac{5}{8}$, sçavoir $\frac{25}{64}$, comme de peu d'importance à l'égard de 25000000.

Il faut remarquer que si on augmente la distance des points à niveller par intervalles égaux, comme 500 pieds, 1000 pieds, 1500 pieds, 2000 pieds, &c. jusques à 5 ou 6 lieuës, les différences des sécantes & du rayon augmenteront à fort peu près comme les quarrez des nombres de suite 1, 2, 3, 4, &c. ce qu'on peu connoître dans les tables des sinus. Comme, si la distance de 5000 pieds donne de différence une ligne, celle de 100 pieds donnera 4 lignes, celle de 1500 pieds 9 lignes, &c. Et parce que la grandeur du diamétre de la terre est environ 40000000 pieds, une lieuë donnera 5 pieds 8 pouces quelques lignes, 2 lieuës le quadruple de ces 5 pieds 8 pouces, &c. ce que plusieurs qui se mêlent de niveller, ne considérent nullement.

Il est encore nécessaire de sçavoir que dans les grandes distances un même objet paroît de différentes hauteurs par les réfractions, & change presqu'à toutes les heures du jour; c'est-à-dire, que s'il est le matin au lever du soleil en une même ligne droite avec un objet peu éloigné, il paroîtra plus bas une heure après le soleil levé, & encore plus bas quand l'air sera plus échauffé; & plus les matinées seront fraîches & l'air serrain, plus les objets éloignés paroîtront élevés; & quelquefois les objets qui sont à une distance d'environ 500 pas, paroîtront s'élever, & en même tems ceux qui sont beaucoup éloignés, s'abaisser, principalement lorsque le soleil luit, comme on a reconnu par plusieurs observations faites en divers lieux, & en diverses saisons, même à l'égard des objets moins élevés que l'observateur, ou d'égale élévation; & on a remarqué quelquefois, qu'un objet qui avoit paru à midi plus bas que le plan de niveau, paroissoit le lendemain matin plus de 20 pieds plus haut que ce plan, en une distance d'environ 2 lieuës. D'où il s'ensuit que le plus sûr moïen pour bien niveller de grandes distances, est de faire le nivellement à plusieurs fois: comme, si AB est d'une distance d'une lieuë à niveller, il faudra niveller plusieurs de ses parties de suite, comme AC, puis CD, puis DE, & ensuite EF, FG, GH, & enfin HB. Que s'il y a des vallées entre-deux, ou des eaux, ou des bois qui empêchent ces petits nivellemens, & que l'on soit obligé de niveller à une fois, ou que par curiosité on veuille niveller des objets à une distance d'une ou deux lieuës, ou davantage, il faut qu'il y ait un nivelleur à chaque extrémité, comme en A & B, &

TAB. XXIII. Fig. 12.

TAB. XXIII. Fig. 13.

& qu'ils nivellent de l'un à l'autre en même tems lorsque le soleil est couvert de nuées ; & s'ils trouvent la même différence excédante, ou défaillante, les deux lieux seront de niveau entr'eux, comme aussi si on les trouve réciproquement dans le plan de niveau : mais si l'une des différences est en-dessus, & l'autre en-dessous, comme si B paroît au nivelleur en A plus haut que le niveau, & A plus bas que le niveau au nivelleur en B ; il faut ajoûter les deux différences ensemble, soit qu'elles soient égales, ou inégales, & la moitié de la somme sera la différence du niveau des deux lieux A & B : que si toutes deux sont plus hautes, ou plus basses, inégalement, la moitié de leur différence sera la vraie différence de niveau, quelle que soit la grandeur de la terre, & quelle que puisse être la réfraction au tems du nivellement, laquelle on suppose être réciproque, ou la même aux deux nivelleurs en A & B, lorsque le tems est sombre, & que le soleil n'éclaire aucun des objets à niveller, ni ce qui est entre-deux.

DÉMONSTRATION.

TAB. XXIII. Fig. 14. A & C sont supposés être de niveau entr'eux : A & B sont les points à niveller : & CB étant perpendiculaire à AC, & parallele & égale à AE, soit continuée AE de part & d'autre en F & H, en sorte que EF soit égale à AE, & AH à CG ajoûtée directement à CB. Or, si la réfraction éléve autant l'apparence des objets éloignés, que la tangente s'éléve par dessus ces objets ; C paroîtra au nivelleur en A dans le plan de niveau, & B lui paroîtra au-dessous de ce plan de la distance CB, qui est la véritable ; & par la même raison E, qui est de niveau avec B, paroîtra au nivelleur en B dans le plan de niveau, & A lui paroîtra plus haut de sa vraie hauteur EA ou BC. Donc la somme de ces deux différences, dont l'une est en-dessus & l'autre en-dessus, sera égale à deux fois BC, & par conséquent la moitié sera BC, vraie différence de niveau des deux points A & B. Que si la réfraction éléve moins, par exemple, de deux pieds ; B paroîtra plus bas de deux pieds que la distance CB au nivelleur en A, & par conséquent la différence de niveau sera CB plus deux pieds en-dessous : mais en recompense A paroîtra au nivelleur en B deux pieds moins haut que la distance EA. Donc la somme de ces deux différences de niveau sera double de BC. Le même arrivera si la réfraction éléve plus l'apparence de C que la tangente ne s'éléve par dessus. Car, soit l'excès BD de trois pieds ; donc B paroîtra au nivelleur en A moins bas de trois pieds que la distance CB : mais en recompense A paroîtra au nivelleur en B plus haut de trois pieds que la distance EA ou BC ; donc la somme de ces différences apparentes sera toûjours double de BC. Que si la réfraction éléve tant, que B paroisse aussi haut que le niveau ; alors, si AEF est double de AE, F paroîtra aussi au nivelleur en B dans le plan de

de niveau, & A paroîtra plus haut que B de toute la distance F A double de B C. Et si la réfraction éléve encore plus, en sorte que B C étant continué en G, paroisse plus haut que le niveau A C, de la distance C G, A paroîtra d'autant plus haut; & si A H est égale à C G, A paroîtra au nivelleur en B au-dessus de son plan de niveau de toute la distance F H; donc, si suivant la régle ci-dessus on ôte C G, c'est-à-dire, A H de F H, (car les différences apparentes de niveau seront toutes deux en-dessus,) le reste sera encore F A double de B C. Que si la réfraction est si petite, & la distance A B si grande, que A paroisse de niveau au nivelleur en B, ou même au-dessous du niveau, on prouvera par les mêmes raisons, qu'au premier cas B paroîtra au nivelleur en A au-dessous de son plan de niveau d'une distance double de B C; & qu'au deuxième cas, si on ôte la différence apparente du point A de l'autre différence, à cause qu'elles seront toutes deux en-dessous, le reste sera encore double de B C, & par conséquent en tous ces cas la moitié B C, suivant la régle ci-dessus, sera la vraie différence de niveau; ce qui étoit à prouver. Si donc B est trouvé, par exemple, 4 pieds plus bas que A au nivelleur étant en A, & A plus haut de 18 pieds que B au nivelleur en B; il faut de la somme 22 prendre la moitié 11, & ce sera la vraie différence de niveau B C. Mais, si à cause de la grande réfraction B paroît plus haut de 2 pieds que A au nivelleur en A, & A plus haut de 20 pieds que B au nivelleur en B, faisant l'observation en même tems, comme il a été enseigné ci-dessus; 9 pieds, moitié de leur différence 18, sera B C différence réelle de niveau des deux points A & B. On fera un semblable calcul, si les différences sont toutes deux en-dessous, & l'on prouvera facilement que lorsque A & B sont en même niveau, on trouvera toûjours les mêmes différences de même part.

Mais, parce qu'on a de la peine à discerner les objets qui doivent servir de signes, quand ils sont éloignés d'une ou deux lieuës, & même de 200 ou 300 toises; & que les signes devant être alors beaucoup éloignés l'un de l'autre; il est plus difficile de bien discerner l'égalité de leurs distances que quand ils sont à cinq ou six pouces: on pourra se servir d'une lunette d'approche, par le moïen de laquelle on déterminera parfaitement le point de niveau dans ces distances éloignées; ce qu'on fera en cette sorte:

Il faut donner à l'objectif le plus qu'on pourra de largeur horisontale, afin que les images des objets réfléchis sur l'eau du niveau, soient plus visibles, & peu de verticale; & au lieu de 2 signes blancs, il en faut mettre 3 d'égale largeur, en égales distances, dont l'inférieur ait quelques traits noirs de haut en bas, & n'occupe pas toute la largeur de l'ais, pour le distinguer des autres. On mettra l'objectif de la lunette fort près de la cire, en sorte que son centre soit élevé environ une ligne plus haut que la surface de l'eau: il y aura un petit creux au bout du ca-

canal, à un demi pouce de la cire, pour loger l'extrémité de la lunette; & on fera ce creux en talut, & long de 5 ou 6 pouces, pour la mettre facilement, en l'avançant, ou reculant, en la situation la plus commode pour discerner l'image du signe supérieur. La lunette étant bien ajustée, si on regarde les 3 signes à travers, & qu'on fasse hausser & baisser l'ais jusqu'à ce que l'image du signe supérieur couvre précisément à l'œil le signe inférieur marqué de petits traits noirs, la ligne tracée dans le milieu du deuxième signe sera dans le plan de niveau, ou du moins y aura son apparence; ce qui se prouve en cette sorte:

TAB. XXIII. Fig. 15. Soient C & D deux points également éloignés du point E, & NO la section perpendiculaire de l'objectif de la lunette passant par son centre P, lequel centre, comme il a été dit, doit être élevé plus haut que la surface supérieure de l'eau AB: soit tirée la droite DB, & continuée jusques à ce qu'elle rencontre NO un peu plus haut que P, comme en R. Il est manifeste que les rayons du point D, qui est le signe inférieur, tomberont tous sur l'objectif au-dessus de R, comme le rayon DS; & que si on tire DAQ coupant NO en Q, les rayons réfléchis du point C sur AB tomberont entre R & Q sur l'objectif: car un rayon comme CM, se réfléchissant en MP, P sera en la ligne droite DMP, par les régles de la Catoptrique: donc tous les rayons réfléchis feront le même effet sur la lunette, que s'ils venoient du point D; & par conséquent l'image du point C & le point D ne paroîtront à l'œil qu'un même point, & se couvriront l'un l'autre précisément, quoique leurs rayons tombent en divers endroits de la lunette; ce qui n'arrivera que lorsque le point E sera dans le plan de niveau qui touche la surface de l'eau; ce qui étoit à prouver.

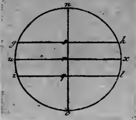
Il est aisé à juger que plus le niveau sera long, & les points C & D distans du point E, plus il tombera de rayons réfléchis du point C sur l'objectif, & moins de ceux du point D; ce qui servira à régler l'ouverture de l'objectif & la situation de la lunette selon sa grandeur & celle du niveau.

Il faut remarquer que, si l'oculaire de la lunette est convexe, le signe inférieur paroîtra le plus haut des trois; & si l'image du supérieur paroît encore plus haute, il faudra faire baisser l'ais; & si elle paroît plus basse, il le faudra faire élever. Pour éviter la confusion des signes, on pourra ôter celui du milieu; & lorsque l'image du supérieur paroîtra couvrir l'inférieur, le milieu entre les deux signes sera dans le plan de niveau: on pourra marquer ce milieu par une ligne parallele aux signes.

Lorsque le signe supérieur est beaucoup éloigné de l'inférieur, on distingue mieux son image; & il n'est pas nécessaire de voir en même tems ce signe, mais il suffit qu'on voïe son image couvrir le signe inférieur. Que si l'on ne voit pas cette image, c'est une marque que le signe n'est pas assez élevé, ou que la lunette n'est pas bien placée.

Pour

Pour bien entendre ces choses, il faut supposer que la ligne E A soit continuée jusques à la rencontre de la ligne N O, qui représente le diamétre vertical de l'objectif de la lunette; & considérer les deux triangles semblables C B E, R B T: car si B E est de deux cens pieds, & E C d'un demi pied, E C ne sera que $\frac{1}{400}$ de la distance B E; & si l'eau B A est de cinq pieds, c'est-à-dire, de sept cens vingt lignes, & A T de quatre-vingts lignes, la toute B T sera de huit cens lignes, & par conséquent T R sera de deux lignes, parce qu'elle doit être $\frac{1}{400}$ de la longueur B T; & si on tire le rayon C A, & que la réflexion soit au point Q, T Q sera $\frac{1}{2}$ de ligne, & par conséquent Q R aura deux lignes de longueur moins $\frac{1}{2}$. D'où il s'ensuit, que si on met l'œil au lieu de l'objectif de la lunette, & que la prunelle, c'est-à-dire, l'ouverture de l'uvée par où la lumière passe dans l'œil, ne soit pas plus grande qu'une ligne & demi; on verra presque aussi clairement l'image du point C par réflexion, que directement, parce que quand la lumière tombe sur l'eau fort obliquement, elle se réfléchit presque toute entière: mais si la prunelle de celui que nivelle, est de deux lignes de largeur, ou plus, il ne verra pas si clairement ce point par réflexion; & à plus forte raison, si la hauteur E C étoit beaucoup moindre que six pouces, & l'eau du niveau moins longue que cinq pieds. Les signes-mêmes se confondent quand ils sont trop proches l'un de l'autre: car deux signes blancs sur un fond noir distans entre eux d'environ un pouce, ne paroîtront que comme un seul signe, si on les regarde d'une distance de plus de vingt toises. Ceux qui ont l'ouverture de la prunelle plus large que deux lignes, trouveront par expérience, que si le niveau n'est que de deux pieds & demi de longueur, & que les deux signes blancs soient seulement à deux ou trois pouces l'un de l'autre, & éloignés du niveau de deux cens pieds, ils ne pourront que très-difficilement discerner l'image du signe supérieur, & encore moins si les signes sont noirs sur un fond blanc; parce que les rayons réfléchis de chaque point de ce signe n'occuperont, selon le calcul ci-dessus, qu'environ le quart du diamétre vertical de la prunelle; ce qui ne suffit pas pour faire une impression assez forte sur les nerfs de la vision; & c'est par cette raison qu'on ne voit pas par réflexion les objets qui sont fort peu élevés au-dessus de l'eau du niveau. Le même défaut arrivera si on se sert d'une lunette d'approche: car, si *n o*, dans cette figure, représente le diamétre de l'ob-



jectif

TAB. XXIII. Fig. 15. jectif NO de la figure quinzième, & le cercle *ngoh* l'objectif entier, dont le seul espace *gilh* soit découvert; la partie de la ligne verticale *sq* où tomberont tous les rayons réfléchis du signe supérieur, sera moindre qu'une demi ligne; & quoique l'ouverture ait toute sa largeur horisontale *urx*, comme on le voit en la figure, l'image du signe supérieur paroîtra fort foiblement, ou point du tout. Mais si EC est de cinq ou six pouces, & AB de quatre ou cinq pieds, on la discernera fort bien, pourvû que *qr* soit d'environ deux lignes, & *ux* d'un pouce, ou plus, si la lunette est de deux ou trois pieds de longueur: car en faisant descendre l'objectif peu à peu le long du talut, qui doit être à l'extrémité du niveau, comme il a été dit, il arrivera enfin que tous les rayons réfléchis du signe supérieur tomberont sur l'espace *uilx* de deux lignes de hauteur, & le rempliront presque entièrement; ce qui suffira pour faire voir clairement son image; & parce qu'alors les rayons directs du signe inférieur tomberont sur l'espace *uxhg*, qu'on suppose aussi de deux lignes de hauteur, il sera vû un peu mieux que cette image; ce qui est nécessaire, afin de les pouvoir distinguer.

Il est évident que si on baisse un peu plus l'objectif le long du talut, il restera moins d'ouverture pour les rayons du signe inférieur, & qu'il pourra paroître moins clair que l'image du supérieur; & que si on le hausse un peu plus, on aura de la peine à discerner cette image. En tous ces nivellemens, il faut avoir soin de bien couvrir l'eau du niveau, afin qu'il n'y tombe point de saletez, car elles nuiroient beaucoup à la réflexion des rayons.

On peut se servir aussi de lunettes, si on veut, dans les médiocres distances: car on déterminera plus précisément le vrai niveau, & on ne donnera rien à l'estime. Que si on vouloit niveller à de grandes distances, ou que l'on n'eût pas de signes qui pussent être haussés & baissés; il faudra ajuster à l'extrémité d'un petit tuyau, qu'on mettra dans celui qui porte l'oculaire convexe, trois petits filets ou cheveux en égale distance, & paralleles entr'eux, éloignés l'un de l'autre d'environ deux lignes, & faire en sorte qu'ils soient placés dans le foyer intérieur de l'oculaire, paralleles à l'horison. Ensuite on choisira un objet fort visible plus haut que le niveau, comme le bord de l'horison sensible, ou le sommet d'un arbre, ou une partie remarquable de quelque autre chose élevée, pour servir de signe supérieur: & si en regardant par la lunette on voit ce signe & son image dans l'eau converts par les deux filets extrêmes, le point d'un objet qui sera couvert par le filet du milieu, aura son apparence dans le plan de niveau; mais il faut que la lunette demeure immobile après avoir été bien placée, afin qu'on puisse faire ce discernement. Il faut aussi qu'on puisse, par le moïen d'une petite machine, ou autrement, approcher ou reculer également les filets extrêmes de celui du milieu, afin que leur distance soit juste, pour couvrir précisément l'objet qu'on prend pour signe supérieur, & son image.

On

On peut toutefois, pour éviter la peine de remuer les filets, juger par l'estime, si les filets extrêmes sont également éloignés du bord de l'horison & de son image; ce qui fera le même à peu près, que s'ils les couvroient précisément.

Il arrive souvent que les objets qui sont au-dessous du niveau, sont fort clairs; ce qui empêche de discerner l'image du signe supérieur. Mais on évitera ce défaut, si on baisse l'objectif de la lunette le long du talut, jusqu'à ce que la ligne *urx* soit presqu'à fleur de l'eau du niveau; parce qu'alors l'ouverture *gilh* ne recevra point de rayons des objets qui seront vers le point D, & au-dessus, jusques à ceux qui seront fort près du point E. On apprendra par l'usage la façon la plus commode pour se bien servir des lunettes, & de quelle grandeur elles devront être; mais lorsqu'on les emploïe, il ne faut point se servir de verre pour empêcher le vent, car il pourroit faire de fausses réfractions. TAB. XXIII. Fig. 15.

REGLES QU'IL FAUT OBSERVER POUR LES DIFFERENS LIEUX A NIVELLER.

Si on veut mettre de niveau une allée de jardin ou une longue gallerie, il faut placer le niveau au milieu de la longueur sur quelque ais un peu élevé, & trouver deux points en même niveau aux deux extrémitez, comme il a été enseigné. Ensuite on prendra la distance depuis le point X (qui marque au bout du niveau, en la figure 7ᵉ, la hauteur de la surface de l'eau) jusques à un piquet au-dessous, qui soit à la hauteur où l'on veut élever l'allée; à laquelle distance on en prendra d'égales, depuis les deux points trouvés de niveau jusques à des piquets qu'on plantera au-dessous. On mettra encore de la même maniére d'autres piquets entre-deux, si l'allée est bien longue; & par le moïen de ces piquets on mettra tout le reste de niveau. Que si c'est une table qu'on veuille poser de niveau, la meilleure façon est de verser de l'eau doucement au milieu, jusques à ce qu'elle paroisse couler également de tous côtez; & alors elle sera de niveau, du moins à fort peu près: car il sera tout aussi difficile de la mettre dans un parfait niveau, que de faire tenir une épée debout par sa pointe sur une glace de miroir. TAB. XXII. Fig. 7.

Si on veut niveller deçà & delà d'une éminence à la campagne, il faut avoir une pique ou une grande régle, ou deux tuyaux de fer blanc, qui entrent l'un dans l'autre comme ceux des grandes lunettes d'approche, & mettre au haut les signes; & après avoir placé le niveau au haut de l'éminence, on fera éloigner celui qui portera les signes, plus

ou moins selon que la pente sera roide, jusques à ce qu'on connoisse, en observant ce qui a été dit ci-dessus, que le milieu du signe inférieur, lorsqu'il n'y en a que deux, soit à la même hauteur que l'eau du niveau: alors on mesurera la distance depuis le point X jusques à une pierre qu'on mettra au-dessous, & on ira prendre la même distance depuis la pierre où est posée la pique ou le tuyau; & le surplus, jusques à la ligne qui sera tracée au milieu du second signe, sera la différence de niveau de ces deux premières stations. On écrira cette différence & celles des autres stations, jusques au point réquis à niveller. On fera de même de l'autre part de l'éminence; & ajoûtant ensemble toutes les différences des stations de chaque côté, on connoîtra par la différence des deux sommes la différence de niveau des deux points. On peut hausser & baisser l'ais où seront les signes, par le moïen d'une petite poulie attachée au haut de la grande régle, ou par quelques autres moïens qu'on trouvera les plus commodes.

TAB. XXII. Fig. 6. Pour mettre de niveau quelque grande salle, il faut se servir de la figure 6e, collée sur un petit ais, qu'on élévera ou baissera peu à peu, jusques à ce qu'on ait trouvé un point à même hauteur que l'eau du niveau placé au milieu de la salle. On trouvera un autre point de même de l'autre part, & on prendra une mesure égale depuis ces deux points jusqu'à 2 pavez qu'on ajustera au-dessous. On placera encore 2 ou 3 autres pavez en d'autres endroits à même hauteur, après avoir tourné le niveau vers les autres côtez de la salle; ce qui suffira pour ajuster le reste. On peut même poser le milieu du niveau, & l'affermir sur un genou de bois ou de cuivre, par le moïen duquel on le tournera en rond toûjours à même hauteur; & on prendra par ce moïen tant de points qu'on voudra à même niveau.

Si on veut niveller une pente de montagne très-roide, il faut avoir un canal étroit, & long de 15 ou 16 pieds, & le mettre de niveau par le moïen de l'eau qu'on y versera, l'appuïant pour le faire tenir horisontalement. On prendra la hauteur depuis le pied de la montagne jusques à ce canal. Ensuite on posera le bâton qui sert à mesurer, à l'endroit de la pente où l'un des bouts du canal étoit posé; & on posera le canal plus loin, & plus haut, le mettant encore de niveau, & mesurant de même; & ainsi on ira, comme par degrez, jusques au haut de la montagne, ou jusques à ce que la pente ne soit plus si roide, & qu'on puisse emploïer l'autre niveau. Au lieu de canal, on peut se servir d'une longue régle, & y appliquer un petit niveau de bois au milieu, semblable à ceux dont se servent les Maçons & les Charpentiers, pour connoître quand elle sera posée horisontalement.

Lorsque par curiosité on veut niveller dans la dernière exactitude possible, à une seule fois, deux tours, ou deux montagnes, ou choses semblables, éloignées l'une de l'autre d'une ou deux lieuës; il faut qu'il y ait un nivelleur en chaque endroit, & que chacun d'eux ait 2 ou 3

ou 3 signes blancs, de grandeurs & de distances suffisantes, qu'on fera couler sur un fond noir, soit de toile peinte, ou de telle autre matière qu'on trouvera plus commode. Ils choisiront un tems que le soleil soit couvert de nuées, & que l'air ne soit pas trop froid, ou trop chaud, & qu'il ne soit pas trop rempli d'exhalaisons ondoïantes. Il faut aussi qu'ils conviennent des signes qu'ils se feront pour niveller en même tems, & pour sçavoir quand il faudra hausser ou baisser les signes qui marquent le niveau, lesquels ils verront respectivement par le moïen de bonnes lunettes d'approche de 6 ou 7 pieds de longueur: & après avoir remarqué à peu près où chacun d'eux doit poser son niveau, & qu'ensuite ils auront fait hausser ou baisser leurs signes jusques à ce qu'ils soient bien placés, ils se feront connoître respectivement de combien de pieds la surface de l'eau de leurs niveaux fera plus haute ou plus basse que la ligne tirée dans le signe du milieu qui est de leur côté, & ils s'ajusteront ensuite de manière qu'ils puissent trouver chacun la même différence; ce qui sera facile en observant les régles ci-dessus. Comme, si l'un se trouve 8 pieds plus haut que le niveau de l'autre, & que l'autre ne trouve que 4 pieds, il faudra que ce dernier hausse son niveau de 2 pieds, ou que l'autre baisse le sien d'autant, & ils trouveront en nivellant de nouveau une même différence de 6 pieds. Si on pratique bien cette méthode, on pourra s'assûrer que l'eau des deux niveaux est également distante du centre de la terre, & que les points qu'on marquera à cette hauteur, seront de niveau entr'eux; & on pourra avoir le plaisir de remarquer à diverses heures du jour de combien chacun de ces lieux qu'on aura marqués, paroîtra élevé, ou abaissé par les différentes réfractions, ou même s'il n'y aura point de petites différences entre les deux niveaux, lorsque le soleil luira, à cause que les réfractions sont alors fort irréguliéres, & qu'un même rayon peut être rompu plusieurs fois en divers sens avant que d'arriver à l'œil. Comme, si l'objet est en A, & l'œil au-dessus d'une tour en B, & une éminence de terre entre-deux en E où luise le soleil, le rayon AD se pourra rompre en DG, rencontrant un air plus épais en D qu'en A; & s'il rencontre vers le point G un air fort chaud à cause des exhalaisons qui s'élévent au-dessus de E, il pourra remonter vers F, & derechef descendre vers B; & ce rayon FB, étant continué directement vers C, fera paroître l'objet A en C, au lieu que l'œil étant en F le pourroit voir en H par la ligne FGH. Mais il est fort vrai-semblable, que lorsque le soleil ne luit point, & que deux objets sont en même hauteur, c'est-à-dire, en même niveau, comme A & B en la figure 13e, l'œil en B verra l'objet en A aussi élevé par la réfraction, comme l'œil en A verra l'objet en B; ce qu'il faudra vérifier par plusieurs expériences. Les plus assûrées seront celles qu'on fera par le moïen d'un lac, ou d'un grand étang: car ils serviront, lorsque l'eau est calme, à prendre deux points éloignés l'un de l'autre de 2000 ou

TAB. XXIII. Fig. 16.

TAB. XXIII. Fig. 13.

3000 toises, & également distans du centre de la terre; & on pourra observer si quelquefois, lorsque le soleil luit, & qu'il fait très-grand chaud, la réfraction n'abaisse pas l'objet au lieu de l'élever; & si lorsque le ciel est couvert de nuées, les deux points paroissent aux deux nivelleurs en même tems toûjours également élevés.

On peut se servir d'un autre instrument très-exact pour niveller. Il faut avoir un petit vaisseau beaucoup plus long que large, qu'on remplira d'eau jusques à une hauteur suffisante; & dans ce vaisseau on posera un petit bateau de fer blanc ou de cuivre, qui soit de même longueur & largeur à peu près que le vaisseau. Au haut de ce petit bateau, vers les extrémitez, on ajoûtera des verres de lunette, sans se mettre en peine si l'axe de la lunette est précisément parallele à la surface de l'eau. Ensuite on partagera en deux également la distance à niveller; & on placera la petite machine, empêchant que le vent ne fasse mouvoir le petit bateau; & lorsqu'il sera arrêté, on remarquera vers un des lieux à niveller, le point où répondra le fil qu'on aura placé au centre du foyer de l'oculaire; puis on tournera le vaisseau avec son petit bateau flottant, par quelque moïen facile, & on attendra que la lunette soit arrêtée presqu'à la même situation que dans la premiére observation. On remarquera de même un point vers l'autre lieu; ce qu'on pourra faire encore 2 ou 3 fois en retournant la machine: & si l'on voit toûjours les mêmes points de part & d'autre, on sera très-assûré que ces 2 points seront également éloignés du centre de la terre, puisque le bateau demeure toûjours enfoncé de même. Ce niveau n'est sujet à aucune erreur, si ce n'est que le lieu où il est placé, ne soit pas également éloigné des deux points à niveller. Mais quand il y auroit 3 ou 4 toises de différence, sur une distance de 2000 toises, l'erreur sera peu considérable. Comme, si en la figure 17e, CA est la machine; CB une distance de 1000 toises; D le point plus haut de 20 pieds que le vrai niveau CB; CE l'autre distance de 1004 toises: on trouvera par le calcul, que l'erreur sera moindre que d'un pouce, & dans les autres distances à proportion. On n'emploïera cette façon de niveller qu'en des nivellemens bien importans, & en des lieux fermés, comme en de longues galleries, afin qu'il n'y fasse point de vent: & on fera l'observation pendant que le soleil est couvert de nuées, pour éviter les inégalitez des réfractions; ou, si c'est à la campagne, on peut se couvrir d'une tente, & faire en sorte que la machine ne soit point agitée par le vent.

TAB. XXIII. Fig. 17.

On peut aussi, avec ce niveau, connoître dans une plaine, si 2 tours ou 2 montagnes sont aussi hautes l'une que l'autre, en élevant le bout de la lunette jusques à ce que le fil qui est au centre du foyer de l'oculaire, réponde au sommet de l'une des tours ou montagnes; & ensuite tournant la machine vers l'autre, on verra facilement si elle est plus haute, ou plus basse; mais il faut avoir trouvé par la Trigonométrie

ou

ou autrement, qu'on est également éloigné, ou à peu près, des deux points qu'on nivelle, & tourner deux ou trois fois la machine, pour voir si on rencontrera toûjours les mêmes points.

Si on peut se mettre au milieu de la distance des 2 points à niveller, & qu'on veuille se servir de ce niveau pour niveller un point éloigné; on trouvera deçà & delà du niveau, en distances égales, 2 points qu'on marquera par 2 lignes horisontales: ensuite on se reculera 50 ou 60 pas au-delà de la ligne la plus éloignée du point à niveller, & avec une lunette on cherchera à voir ces 2 lignes comme une seule ligne, en haussant ou baissant la lunette selon qu'il sera nécessaire; & un point éloigné qui sera couvert à la vûë par ces 2 lignes, sera dans un même plan de niveau avec elles, ou du moins y aura son apparence.

Lorsqu'on veut sçavoir la différence de niveau de 2 sommets de montagnes, ou d'autres objets éloignés l'un de l'autre de 5 ou 6 lieuës, & disposés en sorte qu'ils bornent l'horison sensible l'un de l'autre, & que les rayons visuels qui vont de l'un à l'autre, rasent quelques éminences couvertes de bois, ou qui sont de difficile accès; ce qui empêche de se pouvoir servir des niveaux ci-dessus; il faut avoir en chaque lieu un quart de cercle comme ceux avec lesquels les Astronomes prennent les hauteurs des astres par le moïen des lunettes d'approche qui servent de pinules; & après les avoir rectifiés comme il sera enseigné ci-après, on prendra respectivement la différence de hauteur apparente de ces objets à l'égard de la tangente horisontale, soit qu'ils soient vûs au-dessus, ou au-dessous de cette tangente; & après qu'on aura sçû au plus près qu'on pourra, la distance de ces 2 objets, par la Trigonométrie, ou autrement, on calculera cette différence de hauteur par la Trigonométrie. Comme, si l'un de ces objets paroissoit élevé par dessus le plan horisontal de l'autre de 12 minutes, & que leur distance fût de 12000 toises; on cherchera par les tables des sinus, le sinus de 12 minutes, qu'on trouvera être 349, le rayon entier étant 100000; & aux trois nombres 100000, 12000, & 349, on trouvera le 4e. proportionel $41 \frac{44}{50}$ toises, qui sera l'élévation de cet objet au-dessus de la tangente. On fera de même pour l'autre objet; & par le calcul enseigné ci-dessus on connoîtra la vraie différence de niveau des 2 objets entre eux comme: si l'autre étoit trouvé plus bas de 30 toises que la tangente horisontale, on prendra la moitié de $71 \frac{44}{50}$ toises, somme des deux différences; & cette moitié, sçavoir $35 \frac{47}{50}$ toises, sera la vraie différence de niveau des 2 objets, du moins à peu près, si on sçait bien prendre les hauteurs: car si on est très-exact, & que le quart de cercle soit bien divisé & rectifié, l'erreur sera peu considérable; mais on ne pourra jamais être assûré que ce nivellement soit dans une parfaite justesse.

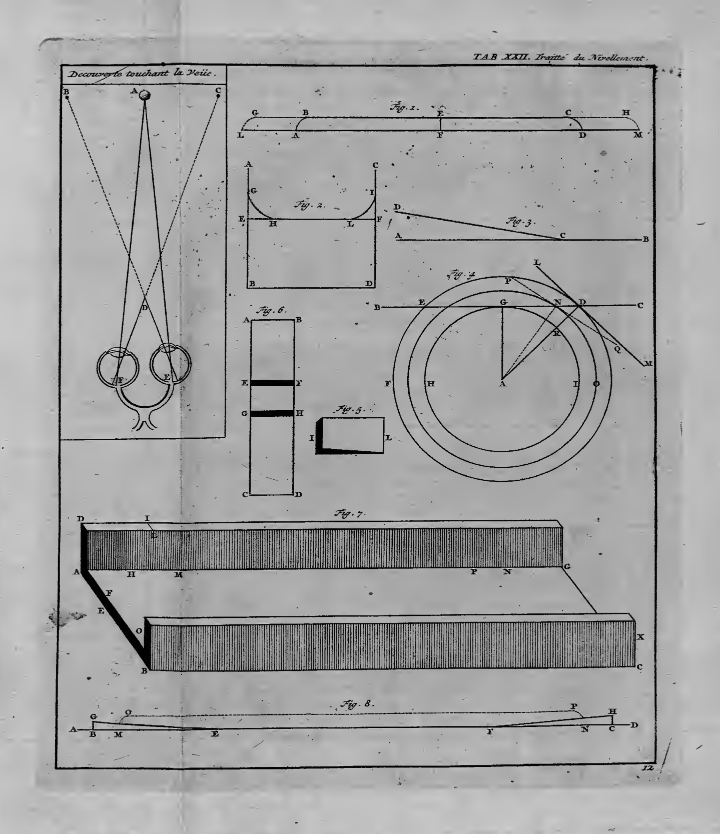
Pour bien rectifier un quart de cercle à lunettes, on fera ce qui s'ensuit: La division des degrez & minutes, &c. étant bien faite, on fe-

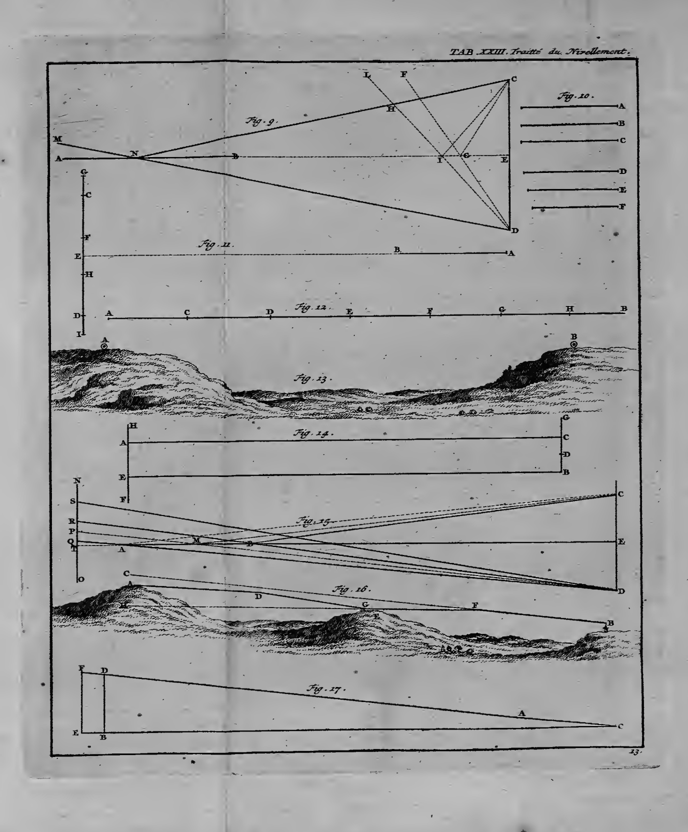
ra battre le fil du pendule sur le commencement de la division le plus exactement qu'on pourra. Ensuite on arrêtera l'objectif de la lunette à l'extrémité d'un des côtez du quart de cercle vers l'angle droit, & on placera auprès du quart de cercle un niveau comme celui qui est décrit en la 7e. figure, de manière que la surface de l'eau soit aussi haute que le centre de l'objectif sur le quart de cercle. Et après avoir nivellé très-exactement une ligne noire à une distance de 40 ou 50 toises ou plus, si l'on veut, par le moïen d'une lunette, comme il a été enseigné ci-dessus; on ajustera l'oculaire de la lunette du quart de cercle, sans remuer le quart de cercle, en sorte que le filet qui sera placé au centre de son foyer intérieur, couvre précisément cette ligne noire à la vûë; & alors on sera assûré, si les verres sont bien arrêtés en cette situation, que l'axe de la lunette sera placé horisontalement, & que le quart de cercle sera bien rectifié, & propre à prendre exactement des hauteurs. Mais, parce qu'en transportant ces quarts de cercle, qui sont fort pesans, on peut craindre qu'ils ne se soient faussés, ou que les verres n'aient changé de situation; on les pourra rectifier de nouveau, lorsqu'on les voudra emploïer dans le nivellement. Si en ces nouvelles rectifications on ne veut pas changer la situation des verres de la lunette, on peut mettre le niveau selon sa longueur au-devant de l'objectif, & l'élever en sorte que la surface de l'eau soit à même hauteur que l'axe de la lunette. Après on choisira un objet éloigné fort visible, & qui soit un peu plus haut que le niveau de l'eau, & on tournera le quart de cercle jusqu'à ce que regardant par la lunette, on voïe l'image de quelque point de l'objet couvert par le fil qui est au foyer de l'oculaire; & après avoir remarqué le point où bat le fil du pendule étant arrêté, on haussera un peu le devant de la lunette, en tournant le quart de cercle jusqu'à ce qu'on voïe directement l'objet, & que le même fil en couvre le même point; & après avoir laissé arrêter le fil du pendule, & remarqué le point de la graduation, le point qui sera également entre ces derniers points & le premier, sera celui où doit battre le pendule, lorsque l'axe de la lunette est parallele à l'horison: & si ce n'est pas le premier point de la division du quart de cercle, il faudra en remarquer la différence en minutes & secondes, afin qu'on y ait égard en prenant les hauteurs des astres ou des autres objets dont on veut sçavoir l'élévation. Pour empêcher que le vent ne nuise au pendule, on le couvre d'un demi tuyau de fer blanc en toute sa longueur, horsmis vers l'endroit qui couvre la graduation, où l'on applique une glace de verre fort transparente, & qui ne fait point de fausses réfractions. On peut même faire tremper le plomb du pendule dans un petit vaisseau plein d'eau, afin d'arrêter plûtôt ses battemens. Par ces moïens, & par les autres qui ont été enseignés ci-dessus, on pourra trouver le niveau de tous les lieux accessibles ou inaccessibles, pourvû qu'ils ne soient pas éloignés de plus de 5 ou 6 lieuës.

TAB. XXII. Fig. 7.

FIN.

TRAI-


Decouverte touchant la Veüe.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.


Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
13.

TRAITÉ DU MOUVEMENT DES PENDULES,

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Roïale des Sciences;

Imprimé pour la première fois sur le Manuscrit original de l'Auteur.

LETTRE
DE
MONSIEUR MARIOTTE,

Ecrite de Dijon le 1. Février 1668,

à

MONSIEUR HUYGENS,

Touchant le Traité qui suit.



J'*Ai cru que vous aggréeriez que je vous fisse part de quelques démonstrations que j'ai trouvées sur le Mouvement des Pendules & des choses pesantes qui tombent vers le Centre. J'avois fait autrefois quelques petits Ecrits pour rendre raison pourquoi les cordes de Lut impriment leur mouvement dans celles qui leur sont en unisson & en octave, lesquels je lûs dans l'Assemblée. Mais vous m'avertîtes que* Galilée *avoit dit la même chose; ce qui m'a donné la curiosité de le lire depuis quelque tems; & j'ai trouvé en effet que ses pensées étoient tellement conformes aux miennes sur ce sujet, que vous pouviez croire avec beaucoup de raison que j'avois emprunté de lui ce que j'en avois écrit. Mais, pour ce qui est du Mouvement des Pendules & des choses pesantes, quoique mes Propositions soient les mêmes que les siennes, il y a pourtant une différence toute entière entre les façons de démontrer & l'ordre & suite des Propositions, comme vous le pourrez juger facilement, s'il vous plaît de lire l'Ecrit ci-joint. Car vous verrez, que dans ma première Proposition je donne, ou crois donner, la vraie cause de l'accélération du mouvement, au lieu que* Galilée *se contente de la supposer & d'en faire une définition; que dans ma 5*e*. je prouve ce qu'il prend pour Principe, & qu'il demande lui être accordé au commencement de son Traité; & que dans ma 8*e*.*

je

je donne la proportion du tems par le côté du quarré, avec le tems par les 2 côtez de l'octogone, & par celui des 3 côtez du dodécagone; ce qu'il n'a pas fait. Je fais une abstraction, aussi-bien que lui, de la résistance de l'air: car en la supposant je me suis encore rencontré dans ses mémes sentimens auparavant que de l'avoir lû, & je crois que les poids qui tombent, augmentent leur vitesse jusques à un certain point, passé lequel elles vont d'un mouvement égal; & voici comme je détermine ou commence cette égalité. Je suppose qu'un vent soufflant de bas en haut puisse soûtenir une boule de liége en l'air: alors, si le vent cesse, cette boule tombant augmentera sa vitesse jusques à ce qu'elle soit égale à celle du vent qui la soûtenoit, & ensuite elle continuera sa descente avec une vitesse uniforme, puisque la résistance de l'air lui ôtera précisément sa puissance naturelle de descendre, & il ne lui restera que la puissance acquise. Je n'ai pas fait mes démonstrations bien exactes, ni dans toute leur étenduë; parce que je sçai que vous les suppléerez facilement, & que j'aurois été trop long. C'est par cette même considération que je ne montre pas la façon dont j'ai calculé les nombres énoncés en ma 8e. Proposition, & que la Conclusion est sans démonstration. Et parce que je crains que cette lettre ne soit aussi trop longue, & qu'elle ne vous soit ennuïeuse; je la finis en vous assûrant de mes très-humbles respects, & que je suis &c.



DU MOUVEMENT DES PENDULES.

PREMIER PRINCIPE NATUREL.



N même poids fait le commencement de sa descente avec une même vitesse en quelque lieu accessible de l'air qu'on le laisse tomber.

Ce Principe se prouve par expérience, & doit être admis comme on admet dans les Méchaniques, que les cordes des balances sont paralleles à cause de la grande distance de la surface de la terre à son centre, quelle que soit la cause du mouvement vers le centre.

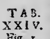
SECOND PRINCIPE NATUREL.

Si un corps est porté d'une vitesse uniforme par un petit espace, par quelque cause que ce soit; cette cause cessant, il continuera son mouvement de même part avec la même vitesse par un espace égal au premier, s'il n'est point empêché par une autre cause.

Ce principe est accordé par *Descartes & Galilée*; & il est facile de le prouver par expérience. Nous appellerons cette puissance par laquelle le corps continue son mouvement, acquise.

I. PROPOSITION.

Il est impossible, qu'un poids qu'on laisse tomber, continue sa descente avec une vitesse uniforme; mais il acquiert, à chaque moment égal de tems, un nouveau degré égal de vitesse.



TAB. XXIV. Fig. 1.

Soit AB une ligne perpendiculaire à un plan horisontal, divisée en plusieurs petites parties égales aux points C, D, E, F, G, H, I, V; & qu'aiant laissé tomber un poids du point de repos A, il descende d'une vitesse uniforme, s'il se peut, jusques au point C, par sa puissance naturelle de descendre vers le centre de la terre, en un certain tems que nous appellerons un moment. Donc, par le 2e. principe naturel, il continuera sa descente avec la même vitesse par l'espace CD, & dans le second moment de tems égal au premier il arriveroit au point D par sa puissance acquise, encore que la puissance naturelle de descendre l'eût abandonné au point C. Mais, parce qu'il la conserve toûjours égale en quelque lieu qu'il soit de la ligne AB, par le premier principe; dans ce second moment de tems il parcourra par cette puissance un autre petit espace égal à AC. Donc par ces deux puissances ensemble il passera les

les deux petits espaces CD, DE, au second moment. Et par les mêmes raisons, dans le troisième moment il ira de E en G par la puissance acquise, puisqu'au moment précédent il est descendu de C en E; & par la puissance naturelle qui ne le quitte point, il descendra encore en ce moment un espace égal à AC, par le premier principe. Donc dans ce troisième moment il parviendra au point H, & ainsi de suite; c'est-à-dire, que si au premier moment il passe l'espace AC, au second il passera le double de AC, au troisième le triple, au quatrième le quadruple, &c. Donc sa vitesse augmentera à proportion des tems de sa descente: & si on entend que la ligne AB soit divisée en de plus petites parties à l'infini, & le tems aussi à l'infini; cette accélération de mouvement sera enfin uniforme, & la vitesse augmentera à proportion des tems; ce qui étoit à prouver.

II. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 2.

Soit AB *une perpendiculaire, qu'un poids ait passée dans un certain tems tombant du point de repos* A; *& que ce poids, étant arrivé au point* B, *change de direction & remonte vers le point* A, *commençant son mouvement de bas en haut selon la vitesse acquise au point* B: *je dis qu'il remontera jusques au point* A, *& que le tems de sa montée sera égal à celui de sa descente.*

Car, soit supposé le tems de sa descente être divisé en 10 momens égaux, & la ligne AB en 55 parties égales entre elles, & que le poids passe la première au premier moment par une vitesse uniforme. Donc, par ce qui a été dit en la précédente, au dixième moment il passera en descendant 10 de ces petites parties. Mais en remontant au onzième moment avec la même vitesse il passera aussi 10 de ces petites parties par la puissance acquise, par le 2e. principe; & par la puissance naturelle, il en descendroit une dans ce même onzième moment qui sera le premier de la montée. Donc par les 2 puissances ensemble le poids ne remontera que 9 parties; c'est-à-dire, que si B*g* est égale à 10 de ces parties, & *g*H à une, le poids ne montera en ce premier moment que jusques au point H; & dans le second moment devant parcourir 9 de ces parties par la puissance acquise; il n'en parcourra que 8, à cause que la puissance naturelle de descendre lui en ôtera une en ce second moment, & ainsi des autres espaces. Donc la progression des espaces ou petites parties égales de sa montée au 1er, 2e, 3e, 4e. moment, &c. sera 9, 8, 7, 6, 5, &c. & au lieu d'en passer 2 au neuvième moment, il n'en passera qu'une; & enfin devant monter une de ces petites parties au dixième moment par la puissance acquise, & en descendre une par la puissance naturelle dans le même dixième moment, ces deux puissances s'effaceront précisément l'une l'autre, & le dernier terme de la montée sera au neuvième moment. Donc le tems de la montée du poids étant de 9 momens, & celui de sa descente de 10, la différence sera $\frac{1}{10}$. Et la descente étant de 55 parties telles que B*g* en

eſt 10, la montée ne ſera que de 45, c'eſt-à-dire, environ $\frac{1}{5}$ moins que la deſcente. Mais ſi le tems eſt ſuppoſé diviſé en 100 momens & la ligne AB en 5050 parties égales, & que le poids au premier moment paſſe par une viteſſe uniforme une de ces parties en deſcendant, il parcourra les 5050 parties dans les 100 momens. Mais, par ce que nous venons de dire, le tems de la montée défaudra d'un de ces 100 momens, & l'eſpace défaudra de 100 de ces petites parties, c'eſt-à-dire, environ $\frac{1}{50}$ de toute la ligne AB. Que ſi cette diviſion de tems & d'eſpace eſt continuée à l'infini, ces défauts diminueront toûjours, & enfin la différence des tems ſera moindre qu'aucun moment de tems donné, & celle des eſpaces moindre qu'aucune grandeur donnée, c'eſt-à-dire, comme rien. Donc le poids remontera juſques au point où il a commencé ſa deſcente &c. ce qui étoit à prouver.

Il s'enſuit de cette propoſition, que ſi on jette en l'air perpendiculairement un poids, comme une balle de plomb, le tems de ſa montée depuis le point où il quitte la main juſques au point de repos, & celui de ſa deſcente juſques au point où il a quitté la main, ſeront égaux, & que la viteſſe de la balle diminuera uniformément en montant juſques à ſon repos à proportion des tems de la montée.

III. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 3. *Soit AB une ligne perpendiculaire, qu'un poids ait paſſée en deſcendant du point de repos A, comme il a été démontré dans les propoſitions précédentes; & qu'au même tems quelque autre mobile parcoure la ligne CD égale à AB, par une viteſſe uniforme: je dis que cette viteſſe ſera à la moitié de la viteſſe acquiſe par le poids au point B.*

Car ſoit ſuppoſé le tems de la deſcente par AB être diviſé en 100 momens égaux, & la ligne AB en 5050 parties égales, & que le poids paſſe la première au premier moment par un mouvement uniforme: par ce qui a été dit en la 1e. propoſition le poids parcourra au cinquantième moment 50 de ces parties, & 100 au centième; & l'agrégé de toutes ces parties ſera 5050, nombre égal à 50 avec le produit de 50 par 100. Mais, ſi pendant chacun de ces momens l'autre mobile parcourt en la ligne CD 50 de ces parties par une viteſſe uniforme, cette viteſſe ſera égale à la moitié de la viteſſe acquiſe par le mouvement accéléré au point B de la ligne AB, puiſqu'au dernier moment de la deſcente le poids a parcouru 100 de ces parties; & l'agrégé des parties parcourues dans les 100 momens par cette viteſſe uniforme ſera égal au même produit de 100 par 50, c'eſt-à-dire, 5000; & la différence des eſpaces paſſés par ces deux mobiles en même tems ſera 50, qui eſt $\frac{1}{100}$ de tout l'eſpace paſſé par le mouvement uniforme. Mais, ſi le tems eſt ſuppoſé être diviſé en 100 momens, & la ligne AB en 500500 petites parties égales &c. on montrera, par les mêmes raiſons, que les eſpaces parcourus par le mouvement accéléré & par l'uniforme ſeront différens de $\frac{1}{1000}$. Et ſi on diviſe le tems & la ligne AB

AB en de plus petites parties, cette différence diminuera toûjours. Donc si elles sont divisées à l'infini, cette différence sera enfin comme rien; & les deux mobiles, dont l'un descend par un mouvement accéléré jusques au point B, & l'autre se meut par une vitesse uniforme égale à la moitié de celle acquise au point B, passeront en tems égaux les 2 lignes égales, AB, CD. Donc &c. ce qui étoit à prouver.

IV. PROPOSITION.

Si un poids passe en descendant des espaces inégaux en divers tems, les espaces passés seront l'un à l'autre en raison doublée des tems de leur descente.

Soit la ligne AB, dont la partie AC soit passée par un poids descendant du point de repos A dans le tems DE, & toute la ligne AB dans le tems DF: je dis que comme le quarré de DE est au quarré de DF, ainsi l'espace AC est à l'espace AB. Car, soit supposé, comme dans les propositions précédentes, le tems DE être divisé en 10 momens égaux, & l'espace AC en 55 parties égales, dont le poids en passe une avec une vitesse uniforme au premier moment: donc, par la 1e. proposition, il en passera 10 au dixième. Et si DF est double de DE, le tems DF sera composé de 20 de ces momens, & au vingtième moment il parcourra 20 petites parties égales à celles de AC: donc l'agrégé de toutes les parties passées dans le tems DF sera égal au produit de 10 par 20 avec 10, & celui des parties passées dans le tems DE sera égal à 5 avec le produit de 5 par 10. Or, ces produits sont nombres semblables: donc ils sont l'un à l'autre en raison doublée de leurs côtez homologues, sçavoir 10 & 20; ou DE, DF. Mais, d'autant que le nombre 10 ajoûté au premier produit n'est pas au nombre 5 ajoûté au dernier en raison doublée de 10 à 20, mais en la simple raison de DE à DF, l'agrégé des parties passées dans le tems DE sera moindre que le quadruple des parties de AC, & la différence sera 10, sçavoir $\frac{2}{21}$ de toute la ligne passée dans le tems DF. Mais, si on suppose les tems & les espaces être divisés à l'infini, la proportion de cette différence diminuera toûjours, comme il a été montré ci-dessus; & enfin sera comme rien: donc AB passé dans le tems DF sera quadruple de AC, lorsque l'accélération du mouvement sera uniforme. On fera la même preuve, si DF est supposé triple ou quadruple de DE, ou en quelque autre raison. Donc &c. ce qui étoit à prouver. TAB. XXIV. Fig. 4, 5.

Il s'ensuit, si on prend A*g* moïenne proportionelle entre AC, AB, que comme AC à A*g*, ainsi le tems par AC au tems par AB.

V. PROPOSITION.

Soit BC une ligne horisontale, CA perpendiculaire à BC, & AB inclinée: je dis que si on laisse tomber un même poids du point A, le tems de sa descente par AB sera au tems de sa descente par AC comme AB est à AC. TAB. XXIV. Fig. 6.

Car, d'autant que la pesanteur totale du poids est à sa pesanteur sur

la ligne inclinée AB comme AC à AB, & que la pesanteur n'est autre chose qu'une puissance de descendre selon une certaine vitesse: il s'ensuit que si on entend que le poids descende avec une vitesse uniforme un très-petit espace comme AE en la ligne AB pendant un certain moment de tems, & que dans le même moment un autre poids égal parcoure d'une vitesse uniforme l'espace AF dans la ligne AB; il s'ensuit, dis-je, que comme le poids en AB est à son poids total par AC, ainsi AF sera à AE. Si donc on entend AC être divisée en plusieurs parties égales à AE, & qu'il y ait en AB un égal nombre de parties dont chacune soit égale à AF, & que l'agrégé de ces parties soit AD; AD sera à AC comme AF à AE, c'est-à-dire, comme le poids en AB à son poids total, ou comme AC à AB; &, par ce qui a été dit dans les précédentes, le tems par AD sera égal au tems par AC, puisqu'en autant de momens infiniment petits que l'espace AC sera parcouru, AD le sera aussi. Mais, par la 4[e]. proposition ou sa suite, comme AB à AC moïenne proportionelle entre AB & AD, ainsi le tems par AB au tems par AD; & le tems par AD est égal au tems par AC, comme AB à AC. Je dis encore, que la vitesse acquise au point B est égale à la vitesse acquise au point C: car, par la 1[e]. proposition, comme le tems par AD au tems par AB, c'est-à-dire, comme AD à AC, ainsi la vitesse en D à la vitesse en B. Mais aussi, comme nous venons de montrer, la vitesse en D est à la vitesse en C comme AD à AC, ou AF à AE; car la vitesse en C est autant multiple de celle en E comme celle en D de celle en F: donc la vitesse en D a même raison aux vitesses en C & en B: donc ces dernières sont égales; ce qu'il faloit prouver.

VI. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 7. *Soit* ABD *un demi cercle;* BD, CD *deux inscrites; & soit* AD *le diamétre perpendiculaire à la tangente horisontale* AE: *je dis que des poids égaux, descendans de* B *en* D *& de* C *en* D, *auront les tems de leur descente égaux.*

Car soient tirées les lignes AB & DBE: donc les triangles EDA, ADB, seront équiangles; & par conséquent comme ED à DA, ainsi DA & DB: donc, par la suite de la 4[e]. proposition, comme ED à AD, ainsi le tems par ED au tems BD du repos en B. Mais, par la précédente, comme ED à DA, ainsi le tems par ED au tems par AD: donc le tems par ED a même raison au tems par BD & au tems par AD: donc ces deux derniers tems seront égaux. On prouvera de même que le tems par CD est égal au tems par AD: donc les tems par BD & par CD seront égaux; ce qui étoit à prouver.

VII. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 8. *Soit* AB *perpendiculaire à l'horison;* AC, BD, *perpendiculaires à* AB; *&* AE *le quart de la ligne; & soit* FED *quelconque ligne entre les deux paralleles* AC, BD: *je dis que le tems par* FE, EB, *sera égal au tems par* AE,

ED;

ED*: mais si* AE *est moindre que le quart de* AB, *le tems par* AE, ED, *sera plus grand que par* FE, EB*: mais si* AE *est plus que le quart, le tems par* FE, EB, *sera le plus grand.*

Car, étant prises F*g* & AH moïennes proportionelles entre FE, FD, & AE, AB; le tems par EB du repos en A ou en F sera EH par la 4e. & 5e. propositions, & celui par ED sera E*g*. Or au premier cas, AE sera égale à EH, & FE à E*g*: donc FE, EH, tems par FED, sera égal à AE*g* tems par AED. Au second cas, *g*E sera plus grande que EF, & HE que EA; & à cause de la similitude des triangles AFE & EBD, *g*E sera à EF comme HE à EA; donc *g*E, EA, ensemble la plus grande & la plus petite, seront plus grandes que HE, EF ensemble: donc le tems par AED sera plus grand que par FEB. Et au troisième cas, par de semblables raisons FE & EH seront ensemble plus grands que AE & E*g*; & par conséquent le tems par FE, EB, sera le plus grand; ce qui étoit à prouver.

On prouvera le même si les deux lignes AEB, FED, sont toutes deux inclinées: & l'on peut conclure par ce qui est dit au troisième cas, qu'un poids commençant sa descente par une ligne perpendiculaire ou peu inclinée, & la finissant par une beaucoup inclinée, fait le tems plus court que s'il commençoit & finissoit au contraire, si la perpendiculaire & l'inclinée sont égales, & même quand la perpendiculaire & l'inclinée seroient un peu plus grandes que l'inclinée & la perpendiculaire.

VIII. PROPOSITION.

SOit ABC *un quart de cercle dont le centre soit* A, *&* AC *perpendiculaire à l'horison;* BC *côté du quarré inscrit dans le cercle;* BD, DE, EC, *trois côtez du dodécagone; &* BF, FC, *deux côtez de l'octogone: je dis que le tems par* BF, FC, *de suite, sera plus court que par* BC. TAB. XXIV. Fig. 9.

Car, étant tirée FH perpendiculaire à BC, BH moitié de BC est plus inclinée que BF; mais HC est moins inclinée que FC, & les deux BF, FC ne sont à BC que comme 27 à 25 à peu près. Donc, par ce qui a été dit à la fin de la précédente, le tems par BFC sera vrai-semblablement plus court que par BC; & par les mêmes raisons le tems par les trois côtez BD, DE, EC, sera encore plus court; & si on réduit en nombres ces tems, on trouvera que si le tems par BC est 100000, celui par BFC sera 93758, & celui par BDEC 93072 à peu près. D'où l'on peut conclure, que le tems par quatre soûtendantes de suite sera encore plus court; & enfin que par la circonférence BC il sera le plus court de tous, & pourroit être au tems par BC comme 93 à 100, ou 13 à 14 à peu près.

CONCLUSION.

DAns toutes les propositions précédentes on fait abstraction de la résistance de l'air: mais étant supposée, comme elle le doit être pour rendre raison de ce qui nous paroît dans le mouvement des pendules,

vo ici

voici ce qu'on en peut dire. Si le poids de la pendule est de bois & que la résistance de l'air augmente le tems de sa descente par l'arc de 90 degrez de $\frac{1}{7}$; si le poids est de plomb, cette augmentation de tems sera moindre, & encore moindre s'il est d'or. Et parce qu'un arc d'une seconde ou d'une tierce est pris ordinairement pour avoir même inclination & même grandeur que sa corde à cause de leur très-petite différence; si le tems par le côté du quarré est 100000, celui par l'arc d'une tierce sera aussi 100000, puisque par sa corde il est égal à 100000 par la 6ᵉ. proposition. Donc le tems par l'arc de 90 degrez sera à celui par l'arc d'une tierce comme 12 à 13 selon la proposition précédente, si on fait abstraction de la résistance de l'air. Mais l'air résistant plus aux grands mouvemens qu'aux petits, la résistance de l'air au poids qui se meut par l'arc d'une tierce, sera comme rien. Donc, si par tout l'arc de 90 degrez cette résistance augmente le tems de $\frac{1}{8}$, le tems qui étoit 12 sera $13\frac{1}{2}$, & le tems par l'arc d'une tierce sera encore 13, puisque la résistance de l'air ne le change point; & par conséquent le tems des grandes vibrations & celui des plus petites sera comme 27 à 26. Mais, si le poids est d'or, & que la résistance de l'air n'augmente le tems de sa chûte par 90 degrez que de $\frac{1}{13}$; les grandes & les petites vibrations seront égales: mais soit que le poids soit de bois ou de plomb, les vibrations par un arc de 30 degrez & au-dessous seront sensiblement égales; & pour les poids qui tombent librement vers le centre, si le principe de leur mouvement est égal près & loin du centre, il augmentera sa vitesse jusques au point où la résistance de l'air égalera ce premier principe de mouvement ou puissance naturelle de descendre, & de ce point il continuera jusques au centre avec une vitesse uniforme, & passera au-delà aussi loin qu'est l'espace depuis le point de repos jusques au point de l'uniformité du mouvement s'il y avoit une ouverture pleine d'air jusques aux Antipodes. Que si cette puissance est comme celle du fer à l'égard de l'aimant, qui est plus forte plus l'aimant est proche, le poids augmentera sa vitesse au commencement de sa chûte comme au cas précédent, jusques à un point, au-delà duquel sa vitesse commencera à devenir sensiblement uniforme, quoiqu'elle s'augmente toûjours un peu jusques au centre. Et enfin, si la première puissance est comme celle des cordes de lut ou des ressorts, qui est plus forte loin du repos que près; la vitesse augmentera comme ci-dessus, au commencement de la chûte jusques à un point, d'où elle commencera à diminuer peu à peu jusques au centre; ce qui est facile à prouver.

Il est encore très-facile de prouver par la 4ᵉ. proposition & par le commencement de cette conclusion, que si les longueurs des pendules sont entre elles comme nombre quarré à nombre quarré, & qu'on prenne leur moïenne proportionelle; le nombre des vibrations de la petite pendule sera au nombre de celles de la grande en même tems, comme la moïenne proportionelle à la plus petite pendule, du moins si les vibrations se font par des arcs moindres que 30 degrez.

F I N.

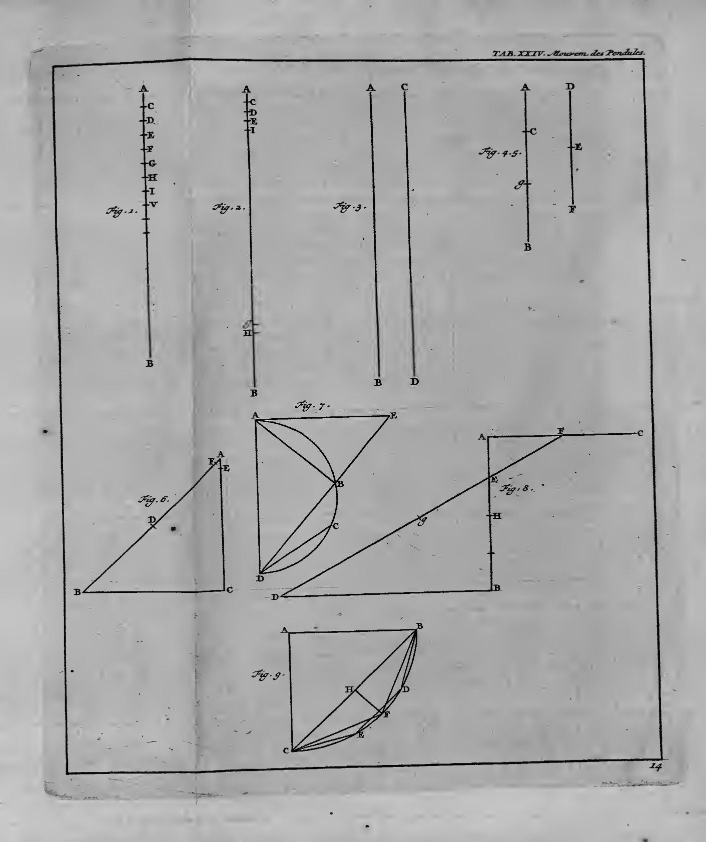


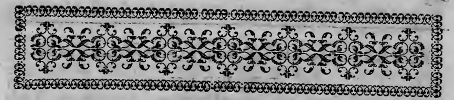
Fig. 1.
A
C
D
E
F
G
H
I
V
B
Fig. 2.
A
C
D
E
I
H
B
Fig. 3.
A
C
B
D
Fig. 4. 5.
A
C
g
B
D
E
F
Fig. 6.
A
E
D
B
C
Fig. 7.
A
E
B
C
D
Fig. 8.
A
F
C
E
g
H
B
D
Fig. 9.
A
B
H
D
F
E
C

EXPÉRIENCES
TOUCHANT LES
COULEURS
ET LA
CONGÉLATION DE L'EAU.

Par Mr. MARIOTTE,

De l'Académie Roïale des Sciences.

Noüvelle Edition revûe & corrigée.



EXPÉRIENCES TOUCHANT LES COULEURS ET LA CONGÉLATION DE L'EAU.

EXPÉRIENCE TOUCHANT LES COULEURS.



LOrsqu'on verse deux ou trois goutes d'huile de tartre dans un demi verre de très-beau vin rouge, il perd sa couleur rouge, devient opaque & jaunâtre comme le vin poussé & corrompu; mais si on verse ensuite deux ou trois goutes d'esprit de soufre qui est un fort acide, ce même vin reprend entièrement sa belle couleur rouge; d'où l'on voit la raison pourquoi on fait brûler du soufre dans les tonneaux pour mieux conserver le vin, & que ce n'est pas la partie inflammable du soufre qui fait cet effet, mais son esprit acide, qui entre dans le bois du tonneau.

EXPÉRIENCES DE LA CONGÉLATION DE L'EAU.

I. EXPÉRIENCE.

J'Ai mis de l'eau commune dans un vaiſſeau de cuivre qui avoit environ huit pouces de largeur & ſix de hauteur, & l'aiant expoſée à l'air pendant une forte gelée, quelque tems après je me ſuis apperçû qu'il commençoit à s'y former de longs filets de glace, dont les uns pénétroient l'eau de haut en bas, les autres étoient couchés de travers, quelques-uns étoient attachés au fond & aux côtez du vaiſſeau, & d'autres ſe croiſoient en divers endroits. Enſuite j'ai vû ces filets s'élargir en lames très-déliées; & aiant doucement verſé l'eau par inclination pour mieux voir les lames de glace qui s'étoient formées au fond, j'ai trouvé qu'elles avoient toutes environ trois lignes de largeur, & qu'elles étoient ſéparées les unes des autres par des intervalles égaux, dont la largeur étoit auſſi d'environ trois lignes.

II. EXPÉRIENCE.

LE même vaiſſeau aiant été rempli de nouvelle eau froide & expoſée à la gelée, il s'y forma d'abord des filets & des lames de glace comme devant; & enſuite les lames de glace qui étoient au fond, s'élargirent peu à peu, & compoſérent une glace continue qui couvroit tout le fond du vaiſſeau. Les lames de glace qui étoient au-deſſus de l'eau, ſe joignirent auſſi enſemble; mais il y avoit vers le milieu de la ſurface de l'eau un petit endroit qui ne geloit point, & la glace avoit déja plus d'un pouce d'épaiſſeur que ce petit endroit n'étoit pas encore pris. L'eau ſortoit peu à peu par ce trou, & ſe glaçoit à l'entour à meſure qu'elle ſe repandoit; de ſorte que le trou ſe retréciſſoit toûjours, & il ſe fit tout autour une éminence de glace d'environ un pouce de hauteur qui formoit un petit canal. Enfin le trou s'étant entiérement bouché, la glace à quelque tems de-là ſe fendit avec bruit, avant que toute l'eau qui étoit au milieu, fût glacée.

III. EXPÉRIENCE.

POur connoître ce qui faiſoit ſortir l'eau par ce petit canal, & ce qui avoit fait rompre la glace, je pris un grand verre de figure conique, & l'aiant empli d'eau juſques à trois ou quatre lignes près du bord, je con-

considérai soigneusement le progrès de la congélation. Après qu'il se fut formé de petits filets, & puis de petites lames de glace, dont quelques-unes étoient découpées comme des feuilles de persil, & d'autres dentelées comme une scie; plusieurs petites bulles d'air commencérent à paroître au fond & aux côtez du verre, & grossirent peu à peu. Quelques-unes de ces bulles demeuroient engagées dans la glace, d'autres se détachoient & montoient jusqu'en haut. Plus l'eau geloit, plus il se formoit des bulles. Cependant l'eau sortoit toûjours par le petit canal; & comme elle geloit aussi-tôt qu'elle s'étoit repandue, la glace devint enfin si haute à l'entour du petit canal, que d'un côté elle surpassoit les bords du verre, de manière que l'eau couloit par dessus. Alors je fis un autre petite ouverture avec une épingle à l'autre côté où la glace étoit moins épaisse, & aussi-tôt l'eau prit son chemin parlà. Cette ouverture aiant été renouvellée de tems en tems, le premier trou par-où l'eau ne sortoit plus, se ferma entièrement. Ensuite la glace boucha aussi la seconde ouverture que l'on avoit cessé de renouveller; & cependant il y avoit toûjours des bulles qui se formoient dans l'eau qui n'étoit pas encore gelée, & s'élevoient jusqu'au haut de cette eau. Quelque tems après que le second trou fut bouché, j'entendis la glace craquer, & je trouvai qu'elle s'étoit fendue par le haut en deux endroits; que vers les deux tiers de la hauteur du verre la glace de dessus s'étoit entièrement séparée de celle de dessous par un espace d'environ deux lignes; & que dans le milieu de la glace il y avoit un peu d'eau qui n'étoit pas encore gelée. Je remarquai aussi que dans toute cette glace il y avoit une infinité de petites bulles qui se terminoient en pointe, & qui s'alongoient presque toutes vers le milieu du verre; & qu'à l'endroit où l'eau avoit gelé la dernière, la glace étoit blanchâtre & peu transparente, presque comme de la neige pressée.

Par ces expériences je jugeai que la raison pourquoi l'eau enfermée dans la glace s'élevoit & se repandoit par en-haut, étoit que les bulles qui se formoient, venant à s'étendre, la pressoient & la poussoient dehors: Que le petit canal avoit demeuré long-tems sans se glacer, parce que l'eau qui y passoit continuellement, l'entretenoit ouvert: Que lorsque la glace avoit enfin bouché ce passage, les bulles dont le nombre augmentoit toûjours, avoient enfin été trop pressées, & par l'effort qu'elles faisoient pour s'étendre, avoient rompu la glace: Que c'étoit aussi ce même effort qui avoit fait séparer la glace de dessus d'avec celle de dessous: Et que la blancheur & l'opacité de la glace qui s'étoit formée de la dernière, venoient de ce qu'il s'y étoit mêlé quantité de ces bulles.

Si l'on demande d'où ces bulles viennent, je réponds, qu'elles se forment d'une matière aërienne dont l'eau est toute remplie, comme l'on voit par l'expérience du vuide. Car si l'on met un verre plein d'eau

d'eau dans le récipient, on voit sortir de l'eau quantité de semblables bulles lorsque l'on pompe l'air : & la même chose arrive quand on fait bouillir de l'eau sur le feu. On dira peut-être que dans l'eau bouillante ces bulles viennent du feu. Mais j'ai vû plusieurs de ces bulles demeurer plus de six semaines au fond d'un plat rempli d'eau, sans diminuer notablement de volume; quoique le plat ne fût plus sur le feu, & même qu'il fût exposé à un air assez froid; d'où je conclus que ces bulles ne sont point des particules de feu. On pourroit aussi douter si elles ne viennent point de la matière du vaisseau, ou de l'air qui est contenu dans ses pores. Ce doute, qui semble assez bien fondé, m'a donné occasion de faire une expérience curieuse. Je versai de l'huile dans un petit vaisseau, & avec la tête d'une épingle je mis doucement une goute d'eau au-dessus de cette huile. Aiant ensuite mis le vaisseau sur le feu, je ne vis point de bulles sortir de l'huile; mais j'en vis beaucoup sortir de la goute d'eau. Lorsque l'huile fut plus échauffée, la goute d'eau tomba au fond, & les bulles continuérent à en sortir: mais ce qu'il y a de surprenant, un peu après il se fit une espéce de fulmination, & au même instant le dessus de l'huile fut tout couvert de bulles, dont quelques-unes étoient plus grosses que toute la goute d'eau. Cette expérience me fit juger que la matière dont les bulles se forment, est contenue dans l'eau, & qu'elle se change en air lorsque l'eau géle, ou qu'on la fait bouillir, ou que l'on pompe l'air d'à l'entour en faisant l'expérience du vuide.

Pour expliquer comment les bulles se forment, pourquoi elles s'enflent, & comment se font les filets qui paroissent au commencement de la congélation; on peut dire qu'il y a beaucoup d'apparence que la fluïdité des liqueurs aqueuses vient de ce que leurs parties sont continuellement agitées par le mouvement de cette matière aërienne, & que ce mouvement est entretenu par la chaleur. D'où il s'ensuit, que lorsqu'il fait un très-grand froid, ce mouvement devient si foible qu'il ne peut plus agiter les parties de l'eau, de manière qu'elles s'attachent au vaisseau; & puis elles se joignent les unes aux autres; & de-là viennent les filets & ces lames de glace que l'on voit paroître lorsque l'eau commence à geler. Alors la matière aërienne se dégage de l'eau qui géle: & comme les esprits du vin nouveau étant séparés de la matière grossière du vin se mettent en mouvement, font sortir le vin par le bondon, & rompent le tonneau si on ne leur donne passage; ainsi cette matière aërienne en se dilatant fait sortir l'eau par le petit trou qui demeure ouvert, & lorsque ce trou est bouché, elle rompt la glace qui la tient trop pressée. Pour faire voir qu'il n'y a point d'autre cause de cette rupture, je fis l'expérience suivante.

IV. EX-

IV. EXPÈRIENCE.

JE mis de nouvelle eau froide dans le vaiſſeau dont je m'étois ſervi aux deux premières expériences. Lorſque l'eau fut toute gelée par deſſus en ſorte qu'il n'y reſtoit plus d'ouverture, je perçai la glace avec une groſſe épingle. Auſſi-tôt il ſortit un jet d'eau de la hauteur de plus de deux pouces, qui enleva l'épingle qui étoit demeurée dans le trou. Je continuai de percer la glace de tems, en tems; juſqu'à ce que l'eau fût toute gelée; & après cela je la laiſſai expoſée à un air très-froid deux jours & deux nuits de ſuite. Mais la glace ne creva point, quoique d'autre glace qu'on n'avoit point percée, crevât tout auprès.

V. EXPÉRIENCE.

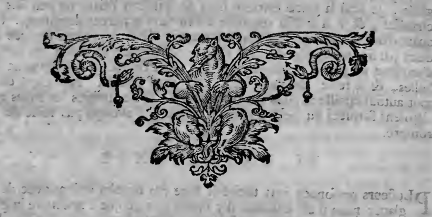
JE voulus voir s'il faloit beaucoup de ces bulles pour rompre la glace; & aiant pour cela fait geler d'autre eau dans le même vaiſſeau, je perçai la glace de tems en tems. Quand l'eau fut preſque toute gelée, je tirai la glace entière hors du vaiſſeau l'aiant un peu fait échauffer, & je la laiſſai expoſée à l'air ſans la percer davantage. Un quart d'heure après je l'entendis rompre, & je la trouvai ſéparée en deux parties preſqu'égales, en chacune deſquelles il y avoit une cavité d'environ un pouce de diamétre, qui étoit l'eſpace qu'occupoient les bulles, & le reſte de l'eau étoit demeuré liquide. La glace étoit tout autour épaiſſe de plus de trois doigts; & néanmoins les bulles qui s'étoient formées du peu d'eau qui reſtoit, n'avoient pas laiſſé de la rompre.

VI. EXPÉRIENCE.

PLuſieurs perſonnes ont tâché de faire des miroirs ardent avec de la glace: mais il eſt difficile d'y réuſſir, parce que d'ordinaire la glace n'eſt pas parfaitement tranſparente. Cependant, aiant jugé par les expériences précédentes, que ſi l'on faiſoit ſortir la matière aërienne qui eſt dans l'eau avant que de l'expoſer à la gelée, on pourroit avoir de la glace très-pure; j'en voulus faire l'eſſai. Je fis donc bouillir de l'eau nette ſur le feu environ l'eſpace d'une demi heure pour faire évaporer la matière aërienne, & je l'expoſai enſuite à un air très-froid. Tout proche de cette eau chaude, j'en mis autant de froide dans un autre vaiſſeau, afin de les comparer enſemble. L'eau froide commença à geler avant que la chaude fût ſeulement refroidie, & il s'y forma quantité de bulles. L'eau chaude gela auſſi à la fin: mais la glace avoit deux pouces d'épaiſſeur de tous côtez, qu'il ne s'y étoit encore

core formé aucune bulle ; de forte qu'elle étoit parfaitement transparente. Je mis un morceau de cette glace dans un petit vaiſſeau concave ſphérique, & aiant approché ce vaiſſeau du feu, je fis fondre peu à peu la glace d'un côté juſqu'à ce qu'elle eût pris une figure convexe ſphérique. J'en fis autant de l'autre côté, retournant ſouvent la glace, & verſant l'eau de tems en tems à meſure que la glace ſe fondoit. Lorſque la glace eut une figure convexe aſſez uniforme, je la pris par les deux bords avec un gand, afin que la chaleur de la main ne la fît pas ſi-tôt fondre, & je l'expoſai au ſoleil. Cette expérience eut le ſuccès que j'attendois : car en fort peu de tems par le moïen de cette glace je mis le feu à de la poudre fine que j'avois placée au foyer ou point brûlant où les rayons ſe réüniſſent. Il eſt vrai que quelque ſoin que l'on prenne, il eſt impoſſible de faire évaporer de l'eau toute la matière aërienne, & d'empêcher qu'il ne ſe forme quelques bulles dans le milieu de la glace ; mais on en a toûjours une épaiſſeur conſidérable qui eſt parfaitement tranſparente.

F I N.



ESSAI

ESSAI
DE
LOGIQUE,
CONTENANT
LES PRINCIPES DES SCIENCES,
ET LA MANIÈRE DE S'EN SERVIR POUR FAIRE DE BONS RAISONNEMENS;
DIVISÉ EN DEUX PARTIES;

Par Mr. MARIOTTE,
de l'Académie Roïale des Sciences.

Nouvelle Edition revûe & corrigée.

PRÉFACE.



L y a sujet de s'étonner de ce que les plus fameux Philosophes, tant anciens que modernes, ont tenu des opinions si différentes dans les points les plus importans de la Philosophie : & il est difficile de bien juger quelles ont été les véritables causes de cette diversité de sentimens ; car on ne peut pas dire que leurs yeux & leurs autres sens aient reçû en des manières différentes les impressions des objets. Ils se servoient des mêmes régles à l'égard du raisonnement, & ils faisoient également profession de rechercher & d'enseigner la vérité ; & cependant ils ont soûtenu plusieurs choses entièrement opposées, & n'ont jamais pu mettre fin à leurs contestations.

Aristote & Descartes *veulent, qu'il n'y ait dans le monde aucun espace, quelque petit qu'il puisse être, qui ne soit rempli de quelque matière.* Epicure & Gassendi *soûtiennent le contraire, & disent qu'il est impossible qu'il se fasse aucun mouvement dans la nature, s'il n'y a quelques petits intervalles vuides entre les corps, & entre les petites particules qui les composent.* Aristote & Ptolomée *ont placé la terre en un parfait repos dans le centre du monde.* Copernic *& les* Pythagoriciens *avant lui, l'ont mise au rang des étoiles errantes. Les* Stoïciens *ont cru que la vertu étoit l'unique bien des hommes.* Epicure *& ses Sectateurs n'ont point reconnu d'autre bien que la volupté. Il y a même eu des sectes entières qui ont rejetté toutes les sciences, & qui ont soûtenu que toutes les apparences que nous avons des choses, n'étoient que des illusions continuelles, & qu'il étoit impossible de rien découvrir de certain, ni par nos sens, ni par notre raisonnement.*

Après avoir fait plusieurs réflexions sur ces contrariétez, & sur beaucoup d'autres qui ont été entre les Philosophes, j'en ai remarqué trois causes principales.

La première ; que leur Logique étoit défectueuse, particulièrement à l'égard des définitions, & de la méthode qu'il faut suivre pour bien établir une hypothèse.

La seconde ; que dans les sciences naturelles ils s'attachoient trop aux raisonnemens, & trop peu aux expériences.

La troisième ; que la plûpart de ces Philosophes ont été de mau-

mauvaise foi; & que, sans se mettre beaucoup en peine de découvrir la vérité, ils n'ont eu pour but, que d'accommoder leur Philosophie à leur profit, ou à leur gloire: les uns se faisant Chefs de parti, & les autres, dont le génie étoit moins ambitieux, se contentant de choisir quelque secte par caprice, & de la soûtenir aveuglément en tous ses points; en cela semblables à de certains animaux qui suivent par-tout ceux de leur espéce qui marchent devant eux, même quand ils les conduiroient dans des précipices.

Ces mêmes desordres durent encore aujourd'hui parmi ceux qui s'appliquent aux sciences: car on auroit peine à faire voir qu'aucun d'eux ait quitté quelqu'une des opinions de son parti, après qu'on lui en a fait voir la fausseté; ni qu'il ait considéré, qu'encore que celui qu'il a pris pour guide, ait mieux rencontré que les autres en quelques connoissances particulières, il étoit très-difficile qu'il ne fût aussi tombé en quelques erreurs.

Ce mal seroit peu important, s'il ne s'agissoit que d'une vaine curiosité, puisqu'on a souvent autant de divertissement à lire des Fables & des Romans, qu'à lire des Histoires véritables: mais il arrive ordinairement que nos malheurs procédent des erreurs dont nous nous laissons prévenir. Combien de fois a-t-on vû des Curieux trompés par les impostures des Astrologues & des Chymistes? La plûpart des Médecins, prévenus d'une mauvaise Physique, en tirent plusieurs conséquences pernicieuses à notre santé & à notre vie; & les Etats les plus florissans sont souvent renversés par une fausse Politique, & par une Morale mal-fondée.

C'est ce qui m'a donné sujet de rechercher si on ne pourroit pas trouver quelque voïe assûrée pour établir quelque certitude dans les sciences, ou du moins pour empêcher les disputes, en déterminant ce qu'on peut recevoir au défaut des véritez incontestables.

Et enfin, après avoir long-tems examiné cette matière, j'ai cru qu'on ne pouvoit mieux faire que de proposer quelques véritez, dont tous les hommes non prévenus demeurassent facilement d'accord, pour servir de principes & de fondemens pour les autres connoissances; & d'enseigner ensuite une méthode & des régles, pour emploïer ces véritez à découvrir d'autres véritez plus cachées.

J'ai divisé, pour cette raison, ce petit Traité en deux Parties.

Dans la première, j'avance plusieurs propositions que je crois

devoir être reçûes pour véritables. Quelques-unes doivent servir de Régles pour le raisonnement, & les autres de Principes certains pour établir les sciences, particulièrement la Physique & la Morale.

Il y a de ces propositions qui sont très-évidentes d'elles-mêmes; comme la première. Il y en a qui se prouvent par induction, c'est-à-dire, par les exemples qu'on en donne; comme la deuxième, la troisième & la dix-huitième. Il y en a même quelques-unes qui sont prouvées par un raisonnement facile, fondé sur quelques propositions précédentes; comme la douzième.

J'ai mélé parmi ces propositions, plusieurs petits discours qui servent à expliquer la signification de quelques noms, comme le Discours qui est entre la sixième & la septième, afin qu'on ne se trompe point dans le sens des propositions.

La seconde Partie a beaucoup de choses semblables à la Logique ordinaire, & c'est proprement une méthode pour se bien conduire en la recherche & en la preuve de la vérité. On y a mis quelques démonstrations de Géometrie & d'Arithmétique, pour servir de modéles pour les raisonnemens, & pour donner quelque connoissance de ces sciences. Que si quelques-uns trouvent ces démonstrations trop difficiles, ils pourront passer légérement par dessus, sans se mettre en peine de les comprendre exactement, ou quitter le dessein d'apprendre les sciences par raisonnement; puisqu'ils y trouveront beaucoup d'autres démonstrations plus obscures & plus embarassantes. On y a mis aussi quelques démonstrations de Physique assez difficiles, à dessein de faire voir combien il est mal-aisé de pénétrer les secrets de la Nature, & qu'une véritable Physique seroit beaucoup plus difficile que la Géométrie.

Or quoique ce Traité n'ait pas toute sa perfection, j'ai cru qu'il ne seroit pas inutile de le donner au Public; soit parce qu'il pourra servir de modéle à ceux qui voudront entreprendre d'en faire un plus achevé sur le méme dessein; soit afin qu'en aiant moi-méme reconnu les défauts par les difficultez que quelques-uns y pourront trouver, je puisse le rendre moins défectueux & plus utile au dessein que je me suis proposé, qui est de faire cesser, autant qu'il est possible, les disputes entre les Sçavans, afin qu'ils puissent travailler de concert à l'accroissement des sciences.

ESSAI

ESSAI DE LOGIQUE.

PREMIÈRE PARTIE,

Contenant les premiers Principes des Sciences.

DEMANDES.

I.

ON demande que les mots & les façons de parler soient ici pris dans le sens qui leur est donné; ou qu'on en mette d'autres en leur place de même signification.

II.

Qu'on accorde que nous sommes quelquefois disposés de telle sorte, qu'alors la plûpart des actions qu'il nous semble faire, comme parler, marcher, ouvrir les yeux, nous les faisons véritablement; & que la plûpart des choses qu'il nous semble alors appercevoir hors de nous, sont & existent véritablement hors de nous, quelles que soient ces choses.

III.

Qu'on donne un même nom aux choses semblables, entant qu'elles sont semblables, & des noms différens aux choses différentes, entant qu'elles sont différentes; ou si les noms sont donnés autrement, qu'on n'en confonde point les significations.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES DU RAISONNEMENT.

I. TOut ce que nous pensons, il est vrai que nous le pensons.

II. Il y a des propositions si certaines & si évidentes d'elles-mêmes, que pourvû qu'on entende leur signification, on ne peut douter de leur vérité; & elles sont reçûes pour certaines & infaillibles, sans supposer aucune autre connoissance précédente: comme, *chaque chose est égale à elle-même*; *le tout est plus grand qu'une de ses parties*; *les choses égales à une autre sont égales entr'elles*; *si à des choses égales on ajoûte des choses égales, les touts seront égaux*; *si de choses égales on retranche*

des choses égales, les restes seront égaux; il est impossible qu'en même tems une chose soit, & ne soit pas. Ces propositions seront ici appellées principes de connoissance, ou véritez premières; & leurs contraires, comme *une partie d'une chose est égale à la chose entière*, faussetez premières.

III. Il y a des propositions qui d'abord ne paroissent ni fausses ni vraies; comme, *les trois angles d'un triangle sont ensemble égaux à deux angles droits.* Mais lorsqu'on fait voir qu'elles sont comprises sous des véritez premières, & tellement conjointes & liées avec elles, qu'elles ne peuvent être fausses, que ces véritez premières ne le soient aussi; elles sont tenues pour certaines. Que si on montre qu'elles soient comprises sous des faussetez premières, elles sont tenues pour fausses. Mais, si on ne fait voir aucune de ces liaisons & connexitez, elles demeurent toûjours douteuses.

IV. La connexité & liaison d'une proposition avec quelques autres propositions, est montrée en cette sorte: *Si le soleil luit, il est jour: le soleil luit; donc il est jour*; ou en celle-ci: *Tout animal est vivant: tout homme est animal; donc tout homme est vivant*; ou en d'autres manières aussi claires & aussi évidentes. Car en chacun de ces discours, on connoît facilement & clairement que la troisième proposition est tellement liée & conjointe avec les deux premières, qu'elles ne peuvent être tenues pour vraies, qu'on ne la tienne aussi pour vraie. On appellera cet assemblage de propositions par lequel on connoît la connexité de la dernière avec les deux premières, raisonnement, argument, ou syllogisme: & le discours par lequel on connoît la connexité d'une proposition douteuse, avec des propositions certaines & infaillibles, soit qu'il soit composé d'un argument ou de plusieurs; on l'appellera preuve ou demonstration.

V. Si une proposition douteuse est prouvée par une ou plusieurs véritez premières, & qu'on fasse voir qu'une autre proposition douteuse soit comprise sous celle qui est prouvée, cette autre proposition sera tenue pour prouvée, & ainsi à l'infini.

VI. Les véritez premières ne doivent point être prouvées par d'autres véritez premières, puisqu'elles sont très-certaines d'elles-mêmes.

Les propositions prouvées qui servent à prouver beaucoup d'autres propositions, seront appellées principes seconds, ou propositions fondamentales.

VII. Les propositions qui ne sont pas des véritez premières, ne peuvent servir de principes pour en prouver d'autres, si elles ne sont prouvées.

VIII. On ne peut prouver une proposition, ni faire connoître une chose par une autre, qui soit autant ou plus inconnue; & si on a prouvé une proposition par une autre, on ne peut pas prouver réciproquement cette dernière par la première.

Croire une proposition, c'est la tenir pour vraie, soit qu'elle soit vraie ou fausse.

On appellera ici science, la connoissance qu'on a des véritez premières, & de ce qui est prouvé.

Mais si on croit une proposition qui n'est pas vérité première, ni prouvée; on appellera cette créance opinion, soit que la proposition soit vraie ou fausse.

Proposition intellectuelle est une proposition qu'on peut juger vraie, ou fausse par elle-même, ou par le raisonnement, sans qu'il soit besoin de se servir des sens pour en avoir la certitude, mais seulement pour entendre sa signification: comme, *les choses égales à une autre sont égales entr'elles*; *en tout triangle le plus grand angle est soûtenu du plus grand côté*.

Proposition sensible est celle qui ne peut être jugée vraie ou fausse, sans l'aide des sens: comme, *il est des étoiles*; *le feu brûle*; *le plomb est plus pesant que l'argent*.

IX. Les propositions sensibles douteuses sont prouvées vraies, quand on fait tomber sous les sens les choses dont on est en doute. Comme si quelqu'un étant dans une chambre fermée & obscure, doutoit de cette proposition, *il est jour*; elle lui seroit prouvée, si on ouvroit les fenêtres, & qu'on lui fît voir le soleil. De même, si quelqu'un doutoit de cette proposition, *l'or se fond plus difficilement que le plomb*; elle lui seroit prouvée si on lui en faisoit voir l'expérience. On appellera ici cette sorte de preuve, preuve par induction, ou preuve par expérience.

X. Il ne faut point disputer contre ceux qui nient les véritez premières, parce qu'on ne peut rien prouver que par les véritez premières.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES, POUR E'TABLIR LES SCIENCES DES CHOSES NATURELLES.

ON appellera ici effet, tout changement qui arrive en une chose, ou la production d'une nouvelle chose.

XI. Si une chose étant posée il s'ensuit un effet; & ne l'étant point, l'effet ne se fait pas, toute autre chose étant posée: ou si en l'ôtant, l'effet cesse; & ôtant toute autre chose, l'effet ne cesse point: cette chose-là est nécessaire à cet effet, & en est cause.

XII. Si deux choses étant posées il se fait un effet, & que l'une produise l'effet, & l'autre le reçoive; celle qui ne souffre point de changement, est celle qui produit l'effet.

XIII. De quelque façon que les choses qui tombent sous nos sens, nous paroissent, il est vrai qu'elles nous paroissent de cette sorte.

Ce qui nous paroît dans les choses, comme la couleur, la figure, l'odeur, la pesanteur, d'où les choses sont dites rouges ou blanches, rondes ou quarrées, odoriférantes, pesantes, &c. sera ici appellé qualité: & les choses qui ont ou paroissent avoir des qualitez en tant qu'elles les ont, ou paroissent les avoir, seront appellées des substances; comme un arbre, une étoile, le soleil, &c.

XIV. Les propositions sensibles par lesquelles nous assûrons qu'une substance a de certaines qualitez, comme, *ce que je touche, est chaud*; *le soleil est lumineux*; *le sucre est doux*; seront reçûes pour vraies, si ces qualitez ou apparences de qualitez tombent sous nos sens: car, par le treizième principe, cette substance nous paroît de cette sorte; & par l'onzième, elle produit cette apparence: d'où il suit, ou qu'elle a ces qualitez, & qu'elle est telle qu'elle nous paroît, ou du moins qu'elle est telle à notre égard; c'est-à dire, qu'elle est disposée à produire ou faire produire véritablement en nous ces effets, que nous appellons, voir de la lumière, sentir de la chaleur, goûter de la douceur, ainsi des autres qualitez sensibles.

XV. Les propositions sensibles par lesquelles nous assûrons qu'une chose est une telle substance, comme, *ce que je vois, est une rose*, seront reçûes pour vraies par ceux qui reconnoîtront immédiatement par plusieurs observations dans le sens du principe précédent, toutes les qualitez, causes, effets & circonstances de cette substance, qui toutes ensemble ne conviennent qu'à cette substance. On appellera ces propositions, & celles dont il est parlé dans le principe précédent, principes de connoissance sensible, ou véritez premières sensibles; car il n'y a rien de plus certain dans les connoissances qui dépendent des sens.

On dira d'une chose, qu'elle est possible intellectuellement, quand la proposition qui assûre qu'elle est impossible, n'est pas une vérité première intellectuelle, ni comprise sous aucune vérité première intellectuelle: comme si cette proposition, *il est impossible de tirer une ligne droite d'un point à un autre*, n'est pas une vérité première intellectuelle, ni comprise sous une ou plusieurs véritez premières intellectuelles; on dira qu'il est possible intellectuellement qu'une ligne droite soit tirée d'un point à un autre.

XVI. Tout possible intellectuel ne se réduit pas en effet.

XVII. Le monde est un possible intellectuel réduit en effet.

On appelle ici la nature, la disposition des choses qui composent le monde de la sorte qu'elles sont disposées à produire leurs mouvemens, agir, & recevoir les effets les unes des autres comme elles font, pendant toute la durée du monde, & dans toute son étenduë.

XVIII. Même ou semblable cause naturelle, & semblablement disposée, en un sujet même ou semblable & semblablement disposé, produit un semblable effet.

XIX. Les causes posées, l'effet se fait naturellement au sujet disposé.

Possi-

Possible naturel est, ce dont les causes sont en la nature, ce qui arrive d'ordinaire, & qui n'est pas au-dessus du pouvoir de la nature: comme, il est possible naturellement qu'il pleuve, qu'il se fasse un tremblement de terre, qu'un homme marche, &c.

XX. Tout possible intellectuel n'est pas possible naturel; mais tout possible naturel est aussi possible intellectuel.

XXI. Tout possible naturel ne se réduit pas en effet.

Une chose sera appellée naturellement possible, quand une semblable a été faite.

XXII. Il y a quelque chose dans les substances sensibles naturelles, qui est comme le fondement & l'appui de leurs qualitez, & qui ne se perd point, quoique les qualitez se perdent, & qu'une substance devienne une autre: comme, la terre & l'eau se convertissent en blé, le blé en pain, le pain en sang, le sang en chair, la chair en feu ou en terre, &c. Or cette chose qui reçoit successivement les qualitez du blé, du pain, du sang, &c. je l'appelle la matière des substances.

XXIII. Les effets ne sont pas avant leurs causes, & tout effet a une ou plusieurs causes.

XXIV. Il n'y a pas en même tems une subordination infinie de causes naturelles d'un même effet; mais chaque effet a une ou plusieurs causes premières, ou du moins, on ne peut aller à l'infini dans la recherche des causes naturelles d'un même effet.

XXV. Les causes ne font leurs effets que sur ce qui est capable de les recevoir, & suivant qu'il est disposé.

XXVI. Il y a une suite de causes & d'effets en la nature, suivant laquelle les choses naturellement possibles se réduisent en effet: comme, le soleil fait élever l'eau en vapeurs; les vapeurs épaissies & condensées dans l'air retombent en pluie; la pluie fait croître les herbes; les herbes nourrissent les animaux; & ainsi de suite.

On appellera possible selon l'ordre de la nature, ce qui doit se réduire en effet suivant cette suite de causes.

XXVII. Il y a des causes naturelles qui s'empêchent les unes les autres; mais les effets se font suivant les plus fortes: comme, l'eau ne monte point, parce qu'elle est plus pesante que l'air; mais étant poussée dans une pompe, elle monte: l'air échauffé se dilate; mais s'il est pressé & retenu dans quelque corps solide, il demeure au même état de condensation.

XXVIII. Il y a de la différence d'être possible selon l'ordre de la nature & la suite des causes naturelles, & d'être possible de la simple possibilité naturelle: comme, il est possible de la simple possibilité naturelle qu'un dé bien fait qu'on laisse tomber sur une table, se tourne sur quelle que ce soit de ses faces; mais suivant la suite des causes, il y en a une déterminée.

XXIX. La plûpart des qualitez naturelles ne sont autre chose que la

 dispo-

disposition de la matière à faire & recevoir de certains effets: ainsi une corde de lut frappée produit le son par le mouvement qu'elle imprime en l'oreille, quoiqu'en la corde il n'y ait aucun son, mais seulement un mouvement.

XXX. La plûpart des qualitez naturelles ne nous paroissent que suivant le rapport que les substances ont à nous, & à nos sens; & si nos sens changeoient de disposition, elles nous pourroient paroître d'une autre sorte: ainsi, le vin semble amer en une disposition, & d'agréable saveur en une autre; une même chose sans changement paroît chaude à ceux qui ont froid, & froid à ceux qui ont chaud. La raison est, que tout sentiment est un effet que nous recevons par le douzième principe; mais les effets ne se font que suivant le rapport des choses entr'elles par le vingt-cinquième, & par conséquent les choses ne nous paroissent que suivant le rapport qu'elles ont à nous & à nos sens.

XXXI. Le plus & le moins d'une qualité, soit apparente ou réelle, nous fait souvent donner des noms différens de qualité, quoique ce ne soit que la même; comme la petitesse & la grandeur, la pesanteur & la légéreté, la vitesse & la lenteur. La raison est, que, comme nous participons à ces qualitez, elles ne nous paroissent pas telles qu'elles sont absolument & en elles-mêmes, mais seulement par comparaison: ainsi nous appellons sans saveur l'eau qui est moins salée que notre langue; & froide, celle qui est moins chaude que notre main, quoique réellement l'une soit salée & l'autre chaude: de même, l'air est dit léger au respect de l'eau, parce que l'eau tend en bas avec plus de violence, & chasse l'air en haut; mais si on mettoit de l'air au-dessus d'un corps plus léger, il pourroit descendre & paroître pesant.

Qualité essentielle d'une substance est celle sans laquelle elle n'auroit pas le nom qu'elle a: comme, la lumière & la chaleur sont des qualitez essentielles au feu; car une substance ne sera pas appellée feu, si elle n'a ni chaleur ni lumière.

Qualité accidentelle est une qualité qui peut être & n'être pas en une substance, sans changer son nom de substance qu'elle a pour d'autres qualitez: comme, la blancheur est une qualité accidentelle à un homme; car on ne l'appelle pas homme à cause de la blancheur. On peut comprendre aussi sous le nom d'accident, ou qualité accidentelle ou attribut, ce qui arrive à une chose & la concerne en quelque sorte que ce soit, lorsqu'elle en a quelque nom: comme, lorsqu'une chose est dite vieille ou nouvelle, éloignée ou proche; & qu'un homme est dit être assis ou debout, être vêtu, nud, embarqué, armé, &c.

Qualité propre ou propriété, est une qualité qui ne faisant point donner le nom, se trouve en une substance particulière, & non dans les autres: comme, les facultez de rire & de parler sont des qualitez propres aux hommes.

XXXII. Quelque chose que ce soit, n'est autre chose qu'elle-même; mais

mais beaucoup de choses ont divers noms de substance, à cause de diverses qualitez qui sont en elles; comme, on dit d'un aigle, que c'est une substance, un corps, un animal, un oiseau, un aigle.

Lorsque plusieurs choses différentes & qui ont des noms différens, ont quelque chose de semblable qui leur fait donner un nom commun de substance, elles seront dites être d'un même genre à l'égard de leur nom commun, & être des espéces de ce genre à l'égard de leurs noms différens: comme, un aigle & un cigne, qui ont le nom commun d'oiseau, à cause de quelques choses qui leur sont communes, comme de voler, d'avoir des plumes, &c. seront dits être du genre des oiseaux, & chacun d'eux être une espéce d'oiseau; les roses & les tulippes seront dites être du genre des fleurs, & chacune d'elles être une espéce ou sorte de fleur.

On dira la même chose des qualitez différentes qui tombent sous un même sens, ou qui ont quelque autre chose semblable qui leur fait donner un nom commun: comme, la blancheur & la rougeur sont des espéces de couleur; & l'aigreur & l'amertume, des espéces de saveur.

XXXIII. Toutes les choses sont particulières, & l'une n'est pas l'autre, quoiqu'elles aient des noms communs de genre ou d'espéce: quelques-uns ont des noms qui dénotent leur individuïté, c'est-à-dire, leur particularité ou singularité, comme le soleil, la lune, Platon, Bucéphale, &c: la plûpart n'en ont point; mais on peut les distinguer, en disant, par exemple, ce cigne, ce cheval, cette épée, cette maison, &c.

XXXIV. Une qualité est naturelle à une chose, lorsque, rien d'externe n'agissant sur elle, elle conserve cette qualité, ou la reprend, lorsque ce qui la lui avoit fait perdre, est éloigné ou ôté: mais si par l'éloignement de quelque cause externe, quelque chose perd une qualité, cette qualité n'est pas naturelle à cette chose qui la perd.

XXXV. Nos sens ne discernent point avec exactitude les petites différences des choses entr'elles: comme, la vûë ne peut discerner si l'aiguille d'une montre est en mouvement ou non, si une ligne est exactement droite, si une surface est parfaitement plane & polie, &c.

Signes d'une chose sont ses causes, ses effets, ce qui la précéde, la suit & l'accompagne d'ordinaire.

XXXVI On ne peut pas assûrer avec une certitude entière, qu'une chose soit une telle substance, ou une telle qualité, ou qu'elle produise un tel effet, si étant supposée une autre chose possible, on pourroit avoir dans une disposition possible de semblables signes, & apparences de l'une que de l'autre.

XXXVII. Quoiqu'il paroisse plusieurs signes d'une chose, s'il en paroît un seul qui n'y puisse convenir, ou si un qui devroit nécessairement paroître, ne paroît pas, ce n'est pas cette chose: comme, encore que le salpêtre ait beaucoup de signes de l'eau glacée, on jugera que

ce n'en eſt pas, quand on verra qu'il excite de petites flammes bleues, en le mettant ſur un charbon ardent ; car c'eſt un ſigne qui ne convient point à l'eau glacée.

XXXVIII. Les propoſitions ſenſibles univerſelles, comme, *l'eau éteint le feu, les hommes de l'Europe ſont blancs*, dépendent des particulières, & ne ſont connues vraies que par elles; & ſont fauſſes, lorſqu'une particulière eſt contraire.

XXXIX. Les propoſitions ſenſibles univerſelles par leſquelles on énonce des effets & des qualitez eſſentielles, ne ſont pas moins certaines que les particulières: comme, la propoſition univerſelle, *tout animal eſt vivant*, n'eſt pas moins certaine que la particulière, *cet animal eſt vivant*; car d'autant que le nom d'animal eſt donné à cauſe de la vie, en ſorte que rien ne peut être dit animal, s'il n'eſt vivant, il faut de néceſſité que tout animal ſoit vivant.

XL. Lorſque les ſens étant bien diſpoſés, une choſe ne paroît pas en un lieu où elle paroîtroit ſi elle y étoit, la propoſition qui aſſûre que cette choſe eſt en ce lieu, ſera tenue pour fauſſe : comme, s'il ne paroît aucune choſe ſur une table bien unie & bien éclairée, la propoſition qu'il y a un livre ou une groſſe pierre ſur cette table, ſera tenue pour fauſſe : on appellera ces ſortes de propoſitions & celles qui nient l'exiſtence d'une choſe qui nous paroît évidemment, fauſſetez premières ſenſibles.

PRINCIPES DES PROPOSITIONS VRAI-SEMBLABLES.

IL eſt manifeſte que nous n'avons pas toûjours le tems, les occaſions & les autres moïens pour bien examiner & connoître toutes les qualitez eſſentielles, & les circonſtances des choſes; qu'il y a des qualitez & des effets ſemblables qui conviennent à des choſes différentes, comme la blancheur à la neige, au ſel & au ſucre, la lumière au ſoleil & au feu; & que nous n'avons jamais une certitude entière & infaillible, que nos ſens ſoient bien diſpoſés; outre que quelques cauſes ſecrettes changent quelquefois les apparences ordinaires, & qu'en dormant, ou étant en de certaines diſpoſitions extraordinaires, il nous paroît des choſes qui ne nous paroiſſent pas, ou nous paroiſſent d'une autre ſorte quand nous ſommes éveillés, & en une autre diſpoſition : & cependant nous ſommes ſouvent obligés de faire quelques actions, & de les régler par des propoſitions fondées ſur des ſignes & des apparences de cette ſorte, quoiqu'elles puiſſent être fauſſes : comme en voïant ſeulement la figure & la couleur d'une pomme, on ne laiſſe pas de la prendre pour la manger. En ces cas, on dira qu'il faut croire un propoſition, & qu'elle eſt vrai-ſemblable, lorſque n'étant pas infaillible, elle

a plus de signes & d'apparences, ou est plus souvent reconnue véritable que sa contraire.

XLI. Les propositions vrai-semblables ne doivent être reçûes qu'au défaut des propositions certaines ou prouvées, & quand nous sommes obligés de faire quelque action de nécessité.

XLII. Il y a de ces propositions dont la vérité est si souvent reconnue, & dont les contraires ont si peu de possibilité, qu'elles sont presque tenues pour certaines: comme, si on rouloit ensemble 10000 dez bien faits, la proposition qui assûreroit qu'ils ne se tourneroient pas tous sur la face marquée de l'unité, seroit comme certaine, quoiqu'elle ne fût pas absolument infaillible.

XLIII. Toutes les fois qu'il nous semble être éveillés, si faisant réflexion sur tout ce qui nous paroît, nous ne trouvons rien de contraire à la suite des causes & des effets naturels qui nous sont connus; il faut croire que nous sommes éveillés, que nous faisons véritablement la plûpart des actions qu'il nous semble faire, & que la plûpart des choses qui nous paroissent alors, ont une existence réelle & positive.

XLIV. Lorsqu'il y a plus de signes d'une chose que d'une autre, il faut conclure pour le plus grand nombre de signes, s'ils sont également considérables.

XLV. Il faut croire qu'une chose arrivera plûtôt qu'une autre, quand elle a plus de possibilitez naturelles, ou qu'une semblable est arrivée plus souvent: comme, en roulant sur une table trois dez bien faits, il faut croire, & il est vrai-semblable, qu'on fera plûtôt dix que quatre, parce qu'on peut faire dix en plus de sortes que quatre.

XLVI. Les propositions sensibles universelles qui assûrent des effets & des qualitez non essentielles, si elles sont fondées sur une ou plusieurs véritez premières sensibles, sont certaines en un même ou semblable sujet & semblables circonstances, par le principe 18: comme, si on a observé qu'une pierre jettée en l'air retombe; la proposition qu'une pierre jettée en l'air retombera, sera certaine à ceux qui en ont fait l'observation, pourvû qu'il n'y ait point de causes contraires qui empêchent cet effet, selon le principe vingt-septième. Mais lorsqu'on n'est pas assûré si les causes, les sujets, & les circonstances sont entièrement semblables, la proposition sera seulement vrai-semblable: comme, si on a vû de l'eau éteindre du feu, on tiendra pour vrai-semblable que toute eau éteindra tout feu dans la quantité suffisante, jusques à ce que le contraire paroisse par une vérité première sensible, auquel cas il faudra distinguer la proposition universelle: comme, l'eau éteint le feu ordinaire, mais non pas le feu de camphre; quelque miel est poison, quelque miel est bon à manger; une pompe éléve l'eau par aspiration de la hauteur de trente pieds, mais si l'eau est plus basse que quarante pieds, elle ne peut l'élever.

XLVII. Il est vrai-semblable que les causes qui auront du rapport

entre elles, feront des effets ou ſemblables, ou qui auront du rapport entre eux, & feront proportionnés à leurs cauſes: comme, ſi on a obſervé que les rayons du ſoleil ſe rompent en paſſant de l'air dans l'eau, il ſera vrai-ſemblable que ceux d'une chandelle y paſſant ſe rompront auſſi; & s'ils ſe rompent en entrant dans du verre, il ſera vrai-ſemblable qu'ils ſe rompront en entrant dans du criſtal, ou ſemblablement, ou plus ou moins.

XLVIII. Lorſqu'une choſe étant poſée, il ſe fait un effet; ou qu'étant ôtée, l'effet ceſſe ou ne ſe fait pas; ſi cette choſe eſt reconnue ſuffiſante pour cet effet, quoiqu'on n'ait pas une connoiſſance certaine que toute autre choſe ſoit poſée ou ôtée, ſelon les conditions du principe onzième, on tiendra pour vrai-ſemblable que cette choſe eſt la cauſe, ou une des cauſes de cet effet, juſques à ce qu'on découvre une autre choſe à laquelle les conditions de cauſe de cet effet conviennent mieux. Ainſi on tiendra pour vrai-ſemblable que les fontaines procédent de la pluie, parce que quand il pleut beaucoup, les fontaines naiſſent ou augmentent; qu'elles diminuent ou ceſſent ordinairement à proportion qu'il ceſſe de pleuvoir; & que la pluie eſt ſuffiſante pour les produire; quoiqu'on ne ſoit pas certain s'il n'y a point quelqu'autre cauſe ſecrette qui aide à les produire.

XLIX. Lorſqu'en recherchant la ſuite des cauſes pour expliquer & rendre raiſon de quelques effets naturels, on en trouve une dont on ne peu donner aucune cauſe qui ſoit certaine & évidente, on s'en ſervira comme d'une cauſe première naturelle pour prouver & expliquer ces effets; & la propoſition qui énoncera la vérité de cette cauſe, ſervira de principe pour prouver les effets qu'elle produit, pourvû que cette propoſition ſoit reconnue véritable par pluſieurs expériences, ſans qu'aucune y contrevienne. Comme, ſi on a remarqué que les miroirs concaves oppoſés au ſoleil mettent en feu les matières combuſtibles, qui ſont proches d'un certain point qu'on appelle le foyer du miroir; & qu'on ait jugé que cet effet procéde de ce que la lumière du ſoleil qui tombe ſur le miroir, ſe réünit & ſe raſſemble par réflexion à l'entour de ce point; & qu'on ait trouvé enſuite que ce dernier effet procéde de ce que les angles de réflexion des rayons lumineux ſont toûjours égaux aux angles de leur incidence, ſans qu'on puiſſe trouver une cauſe certaine & évidente, pourquoi ces angles ſont toûjours égaux: on prendra pour principe ou propoſition fondamentale cette propoſition, *L'angle de réflexion des rayons eſt égal à l'angle de leur incidence*; pourvû qu'on en ait fait pluſieurs expériences, ſoit ſur des miroirs plans, ſoit ſur des convexes, &c. La raiſon eſt, que puiſque par le vingt-quatrième principe nous ne pouvons aller à l'infini dans la recherche des cauſes naturelles, nous devons nous arrêter à la plus éloignée qui nous paroît certaine & évidente, lorſqu'elle peut ſervir à expliquer & rendre raiſon de pluſieurs effets, juſques à ce qu'on découvre une autre cau-

cause certaine & évidente de laquelle elle dépende. On appellera loix ou régles de la nature, ou principes naturels, les propositions qui assûrent des choses & des effets naturels qui n'ont point de causes qui soient évidentes & certaines, & qui sont causes d'autres effets: mais ces propositions ne sont pas des véritez premières intellectuelles ou sensibles, mais seulement des propositions fondamentales ou principes seconds; parce que leur connoissance & certitude dépend des observations & expériences, & du principe dix-huitième. On peut aussi appeller ces propositions qui ne sont connues vraies que par l'expérience, & qui servent à en prouver d'autres, principes d'expérience: comme, *les rayons pui passent obliquement de l'air dans l'eau, font une inflexion ou réfraction en entrant dans l'eau, & ne vont plus selon les mêmes lignes droites.*

L. Les principes d'expérience qui assûrent un effet précisément d'une certaine sorte, seront reçûs selon cette précision, si par plusieurs différentes observations on n'a jamais remarqué cet effet d'une autre sorte, & qu'il ne puisse être que de cette sorte, ou d'une autre contraire; encore que selon le principe trente-cinquième, on ne puisse discerner par les sens cette précision avec une entière exactitude. Comme, si on a remarqué que les rayons du soleil s'étendent en lignes droites par un même milieu transparent, & qu'on n'y ait jamais remarqué de courbure; on tiendra pour principe d'expérience ou loi de la nature, que les rayons du soleil s'étendent précisément en lignes droites par un même milieu transparent. Mais on ne peut pas prendre pour principe d'expérience, que les sinus des angles d'incidence & de réfraction des rayons qui passent de l'air dans l'eau, soient entr'eux précisément comme trois à quatre, mais seulement à peu près; puisqu'on ne sçait pas, & qu'on ne peut remarquer si cette raison n'est pas comme de trois à quatre plus ou moins $\frac{1}{100}$, ou $\frac{1}{1000}$, ou $\frac{1}{2000}$, &c.

LI. Quand plusieurs personnes, sans avoir communiqué ensemble, assûrent séparément d'une même façon & avec les mêmes circonstances un effet arrivé en la nature, il faut croire la vérité de cet effet, comme une vérité première sensible. Car, comme il y a une infinité de diverses pensées possibles, il est très-difficile que plusieurs hommes aient la même pensée pour un même objet avec toutes les mêmes circonstances, s'il n'est véritablement tombé sous leurs sens; quoiqu'il ne soit pas absolument impossible.

LII. Quand quelqu'un assûre, par diverses fois & en divers tems, de même façon, & avec plusieurs mêmes circonstances & nulle différente, un effet arrivé en la nature, il faut croire vrai-semblablement que cet effet lui a paru, si l'on ne sçait aucune chose par laquelle il ait reçû une fausse créance, ou aucun sujet pour lequel il doive faire cette proposition contre sa pensée.

On appellera systême d'une chose la façon dont on suppose qu'elle est

eſt pour expliquer ſes effets, ſignes & apparences, & en rendre raiſon. Comme, lorſque pour expliquer les mouvemens des aſtres & leurs apparences, les uns ſuppoſent que la terre eſt immobile, & que le ſoleil & les étoiles tournent à l'entour de la terre; & les autres, que le ſoleil & les étoiles fixes ſont immobiles, & que les planétes & la terre tournent autour du ſoleil; ce ſont des ſyſtêmes différens qu'ils ſuppoſent, ſoit que le ciel ſoit diſpoſé & faſſe ſes mouvemens de cette ſorte préciſément, ou non. Quelques-uns poſent pour ſyſtême des choſes ſublunaires, qu'il y a quatre élémens dont tous les autres corps ſont compoſés, ſçavoir le feu, l'air, l'eau, & la terre: quelques-uns y ajoûtent le ſel, le ſoufre, & le mercure, qu'ils appellent les principes des corps; & il y en a pluſieurs qui croient que ces deux ſyſtêmes ſont faux, & que toutes les ſubſtances matérielles ſont compoſées de pluſieurs petits corps indiviſibles de différentes grandeurs & figures, qu'ils appellent des atomes.

LIII. Une hypothèſe d'un ſyſtême eſt plus vrai-ſemblable que celle d'une autre, lorſqu'en le ſuppoſant on rend raiſon de toutes les apparences, ou de plus grand nombre d'apparences, plus exactement, plus clairement, & avec plus de rapport aux autres choſes connues; mais s'il y a une ſeule apparence qui ne puiſſe convenir à une hypothèſe, cette hypothèſe eſt fauſſe ou inſuffiſante.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES DE LA MORALE.

On appelle ici plaiſir tout ſentiment agréable que nous recevons; ſoit par le moïen des ſens, comme celui qui procéde du goût d'une douce ſaveur; ſoit par l'eſprit & l'imagination, comme celui que nous recevons d'être loués, d'avoir gagné une bataille, d'avoir acquis une perfection nouvelle: & les ſentimens deſagréables ſont ici appellés douleurs ou déplaiſirs.

LIV. Les plaiſirs & les douleurs que nous ſentons, nous les ſentons véritablement, quelles qu'en puiſſent être les cauſes.

Les choſes & les actions qui nous cauſent du plaiſir, ſont ici appellées nos biens, entant qu'elles nous cauſent du plaiſir; & celles qui nous cauſent de la douleur, ſont appellées nos maux, entant qu'elles nous cauſent de la douleur.

LV. Une même choſe ou action n'eſt pas un même bien ou mal aux perſonnes diverſement diſpoſées; & ce qui eſt bien à un, peut être mal à un autre.

LVI. A cauſe du ſentiment que nous avons des plaiſirs & des douleurs, ou pour quelqu'autre cauſe que ce ſoit, nous concevons ou énonçons des propoſitions, que nous faiſons les régles de nos actions: comme,

me, *de deux maux dont l'un ou l'autre est nécessaire, il faut fuir le plus grand; il faut préférer l'honneur à la vie.* On appellera ces propositions, propositions morales.

LVII. Il y a de ces propositions qui sont reçûes sans qu'on en puisse douter; comme, *il faut faire ce qui est le mieux:* on les appellera propositions morales premières, ou principes du devoir.

LVIII. Une action est prouvée devoir être faite, lorsqu'on montre qu'elle est conforme à des propositions morales premières, ou à des propositions prouvées par des propositions morales premières.

LIX. Lorsqu'un bien ou un mal nous paroît, soit par le moïen des sens, soit par le moïen de l'imagination & de la mémoire; il s'excite en nous des mouvemens par lesquels nous sommes émus autrement que nous ne le sommes d'ordinaire: on appellera ces mouvemens, passions.

LX. Les principales passions qui concernent le bien, sont; l'amour, qui est une passion qui s'excite en nous, lorsque nous avons la connoissance qu'un objet nous donne ou nous peut donner du plaisir; le désir, qui nous excite à suivre les objets que nous aimons, & que nous ne possédons pas; & la joie, par laquelle nous sommes émus en la jouïssance & possession de ce que nous aimons.

LXI. Les principales passions qui concernent le mal, sont; la haine, contraire à l'amour; l'aversion, contraire au désir; & la tristesse, contraire à la joie. La joie s'excite aussi en nous, lorsque nous avons évité un mal, ou que nous en sommes délivrés; & la tristesse, lorsque nous perdons un bien.

LXII. Lorsque nous croïons vrai-semblablement que nous obtiendrons un bien ou que nous éviterons un mal que nous avons cru certain, il s'excite en nous une passion qui a quelque rapport à la joie; elle est appellée, espérance: la passion contraire peut être appellée, défiance, crainte, ou desespoir.

LXIII. Si quelque chose nous cause un mal, ou nous empêche d'obtenir un bien, il s'excite en nous une passion violente, par laquelle nous sommes émus & fortifiés à repousser cet empêchement, ou à détourner ce mal: on appellera cette passion, colére.

On appelle ici action volontaire, celle à laquelle notre volonté se portant, nous la faisons; & ne s'y portant pas, nous ne la faisons pas de nous-mêmes: comme, jetter une pierre, parler, &c. Et action involontaire, celle qui se fait en nous, ou que nous faisons, quelque volonté que nous aïons au contraire; comme, le battement du cœur, le mouvement du bras, quand quelqu'un nous le remue par force.

LXIV. Les mouvemens de l'imagination & de la mémoire se font quelquefois sans dessein, & même malgré la volonté; mais souvent on les excite volontairement: comme, lorsque l'on compose des vers, qu'on fait le projet d'un tableau ou d'un bâtiment, qu'on invente une démonstration, &c.

LXV. La mémoire d'un objet en excite la passion; mais quelquefois la passion excite la mémoire & l'imagination : comme, lorsqu'on a eu une extrême tristesse, il peut arriver que quelque tems après un semblable mouvement de tristesse s'excitera en nous, sans penser à l'objet qui l'a causée, & qu'ensuite nous nous en souviendrons : & ce qui fait que nous reconnoissons les choses que nous avons déja vûes, procéde de ce que la seconde vûë excite en nous des mouvemens semblables aux mouvemens que la première y avoit excités; & la comparaison que nous faisons de ces deux mouvemens, & des passions qu'ils produisent, laquelle nous les fait paroître semblables ou proportionnés, forme la reconnoissance.

LXVI. La volonté ne se porte qu'au bien connu, ou cru tel par le sens, ou par l'imagination, ou par le raisonnement.

LXVII. La créance qu'une chose soit ou ne soit pas, ne dépend pas de la volonté; toutefois nous pouvons exciter volontairement l'imagination d'une chose, & cette imagination fait naître en quelque façon la créance.

LXVIII. Nous croïons ordinairement & naturellement ce qui tombe sous nos sens, & par la même raison ce qui nous paroît en songe, lorsque nous songeons. On croit encore bien souvent les choses qui sont réprésentées par des peintures, ou par des discours vrai-semblables : car nous en concevons des idées à peu près comme si elles tomboient sous nos sens; & la créance d'un homme en fait naître souvent une semblable dans l'esprit d'un autre, lorsqu'il lui représente, comme vraie & avec passion, la chose qu'il croit.

LXIX. Il est possible que les apparences qui nous arrivent en dormant ou dans un délire, soient aussi fortes & aussi claires que celles qui procédent des véritables sensations; & qu'on croïe avoir songé ce qu'on a vû, & avoir vû ce qui a paru en songe.

LXX. La créance peut être contraire aux apparences, & il n'y a rien de si peu vrai-semblable où la créance de quelqu'un ne se puisse naturellement porter : & ce qui a paru vrai aux sens & à la raison, n'est pas toûjours cru.

LXXI. Il n'y a rien de si mauvais à la plûpart des hommes, où la volonté de quelqu'un ne se puisse naturellement porter; ni rien de si bon que quelqu'un ne puisse haïr.

LXXII. Les passions d'amour & de haine, & la créance, se changent difficilement en leurs contraires; parce qu'un mouvement en empêche un autre; & que lorsque l'imagination est accoutumée à recevoir l'idée d'un objet d'une certaine manière, il est difficile de lui imprimer une idée contraire ou dissemblable pour le même objet.

LXXIII. Celui qui croit être content & heureux, l'est, lorsqu'il le croit; & on ne peut l'être, si on ne le croit.

LXXIV. Les biens & les maux ne nous touchent pas selon la pro-

portion de la grandeur des choſes ou des actions qui ſont nos biens & nos maux ; & les petits ſujets de plaiſir & de douleur nous donnent ſouvent autant de plaiſir & de douleur, que les plus grands.

LXXV. Il y a de deux ſortes principales de plaiſir de l'eſprit; ceux de l'honneur, comme d'être loués & aimés, d'être plus parfaits, & d'avoir plus de pouvoir que les autres; & ceux de convenance, comme celui qu'on reçoit de la lecture d'une belle Poëſie, de la vûë d'une maiſon bien faite ſuivant les régles de l'Architecture; c'eſt-à-dire, que notre eſprit ſe plaît principalement à l'honneur qu'on nous rend, & à la convenance, ſymmétrie, ou proportion des choſes. Le deſhonneur, & la diſconvenance ou difformité, ſont les principaux déplaiſir de l'eſprit.

Une même action eſt appellée naturelle, quand elle eſt conſidérée en elle-même ; & morale, entant qu'elle concerne nos mœurs & nos paſſions, & qu'elle ſe rapporte au bien ou au mal que nous recevons, ou que nous faiſons recevoir aux autres : comme, battre quelqu'un, entant qu'on remue le bras, eſt une action naturelle; & entant qu'on veut lui faire du mal & qu'on le frappe, par vengeance ou par quelque autre paſſion, c'eſt un action morale.

LXXVI. Il y a de certaines actions, leſquelles entant que morales nous paroiſſent d'ordinaire avoir de la convenance & être bien faites, & elles ſont eſtimées & louées, ſoit parce qu'elles marquent quelque grandeur & perfection en ceux qui les font, ſoit par quelque intérêt que nous y prenons, ou pour quelque autre cauſe: comme, donner quelque choſe libéralement à un autre qui en a beſoin, défendre les amis à qui on fait injure, rendre à un autre ce qui lui appartient. On appelle ces actions bonnes & vertueuſes; & ceux qui les pratiquent ſouvent, ſont appellés hommes de bien & vertueux, & ils en reçoivent de l'honneur & de l'eſtime.

LXXVII. Il y a des actions morales qui paroiſſent diſconvenantes & difformes, & ſont blâmées, ſoit parce qu'elles font du mal à autrui, auquel nous prenons intérêt, ou parce qu'elles marquent quelque baſſeſſe & imperfection en ceux qui les font : comme, dérober, tuer, s'enïvrer. Ces actions, entant que morales, ſont appellées méchantes & vicieuſes; & ceux qui les font, entant qu'ils les font, ſont appellés méchans & vicieux, & ils en reçoivent du blâme.

LXXVIII. Il y a de la difformité ou diſconvenance à manquer à ce qu'on a promis de gré à gré en choſes réciproques.

LXXIX. Il y a de la diſconvenance à rendre le mal pour le bien.

LXXX. La poſſeſſion d'une choſe qui ſert à obtenir un bien, eſt tenue pour un bien: on l'appelle bien utile ou bien d'eſpérance. Ainſi les richeſſes ſont un bien utile & d'eſpérance, parce qu'on eſpére d'obtenir la plûpart des biens par leur moïen: comme, l'honneur, la bonne chére, &c; & cette eſpérance de beaucoup de biens eſt d'ordinaire préférée à tout autre bien particulier.

LXXXI. Les actions vertueuses, entant qu'elles ont de la convenance, & nous rendent plus parfaits, sont un bien d'elles-mêmes; & entant qu'elles nous font obtenir les plaisirs de l'honneur, ou quelques autres biens, elles sont un bien utile & d'espérance.

LXXXII. Lorsqu'une passion pour un bien nous a fait perdre un autre bien, ou causé un mal; ce bien étant obtenu, la passion cesse: & la perte de l'autre bien, ou le mal, nous afflige & nous fait blâmer la première passion: on appellera cette tristesse, regret ou repentir.

Devoir de convenance est celui suivant lequel nous faisons les actions de vertu, & que nous exprimons par de certains principes moraux fondés sur la convenance: comme, *il faut tenir ce qu'on a promis; il ne faut pas faire ce que nous ne voudrions pas qu'on nous fît.*

Devoir naturel est celui suivant lequel nous suivons notre plus grand bien apparent, ou nous fuions notre plus grand mal apparent, soit que les actions qui font obtenir le bien ou qui font éviter le mal, soient disconvenantes ou non: lequel devoir nous exprimons par ces principes; *il faut suivre ce qui nous est le meilleur, il faut suivre notre plus grand bien.*

D'autant qu'il y a diverses sortes de biens dont quelques uns sont incompatibles, car les plaisirs des sens sont souvent contraires à ceux de convenance & d'honneur; que de la jouïssance de l'un suit quelquefois la perte de l'autre; que les petits biens font souvent naître de grands maux, & les petits maux de grands biens; & qu'une même chose ou une même action peut causer du bien & du mal; que chacun n'estime pas également les mêmes biens & les mêmes maux, car les uns aiment plus ardemment l'honneur, & les autres les biens sensibles; & qu'une même personne, en divers tems, occasions & dispositions, change d'inclination & de volonté: nous sommes obligés, pour bien guider nos passions, éviter le repentir, & régler les actions qui nous font obtenir les biens & éviter les maux, de nous servir des propositions appellées véritez morales premières, ou principes du devoir, ou maximes de politique, telles que sont les suivantes.

LXXXIII. Il faut faire ce qui est le mieux, ou qui nous est le meilleur.

LXXXIV. De deux maux dont l'un ou l'autre est inévitable, il faut fuir le plus grand.

LXXXV. De deux biens inégaux & incompatibles, il faut choisir le plus grand, & de deux égaux le plus durable.

LXXXVI. Il ne faut pas que la possession d'un petit bien empêche celle d'un plus grand bien, ou cause un plus grand mal.

LXXXVII. Il ne faut pas, en recherchant les moïens pour obtenir un bien, perdre le bien-même.

LXXXVIII. Tout bien qui n'est pas contraire à un autre bien, & dont il ne suit point de mal, il le faut suivre.

LXXXIX.

LXXXIX. Lorſqu'il y a pluſieurs moïens pour obtenir un bien ou pour éviter un mal, il ne faut pas demeurer long-tems dans l'incertitude du choix, ſi le retardement peut faire perdre le bien, ou rendre le mal inévitable.

XC. Un bien commun n'eſt conſidérable à chaque Particulier, qu'entant qu'il en eſt participant, ou qu'il lui cauſe un autre bien.

XCI. Si deux biens futurs égaux ſont propoſés, il faut ſuivre celui qui le plus vrai-ſemblablement doit arriver.

XCII. Si les poſſibilitez d'un bien ſurpaſſent d'autant celles d'un autre bien, que ſa bonté eſt ſurpaſſée par celle de l'autre, ils ſont également à ſuivre.

XCIII. Si un mal ſurpaſſe d'autant un autre mal, que les poſſibilitez de ce dernier ſurpaſſent celles de l'autre, ils ſont également à éviter.

XCIV. Si pluſieurs biens ſont propoſés d'un côté, & un d'un autre, qui ne ſoit pas plus grand que l'un d'eux, & qu'ils ſoient également poſſibles; il faut ſuivre le plus grand nombre.

XCV. Si pluſieurs maux ſont propoſés d'un côté, & un d'un autre, qui ne ſoit pas plus grand que l'un d'eux; il vaut mieux ſouffrir celui qui eſt ſeul.

Un bien eſt dit égal à un mal, lorſqu'étant joints enſemble, il eſt indifférent de les ſuivre, ou de les fuir.

XCVI. Lorſqu'en une même choſe ou action il y a pluſieurs commoditez, & incommoditez, ou pluſieurs biens & maux, il faut compenſer les biens par des maux égaux; & s'il reſte du bien, il faut ſuivre cette choſe ou cette action; ſi du mal, il la faut fuir.

XCVII. Ce n'eſt pas la grandeur ou le nombre des choſes qu'il faut conſidérer en l'élection des biens & des maux; mais la grandeur des plaiſirs & des douleurs qu'elles nous cauſent.

XCVIII. Si deux biens ſont égaux, dont l'un ſoit preſent, & l'autre à venir; il faut préférer le préſent, à cauſe de l'incertitude de l'avenir.

XCIX. Si d'un bien de peu de durée ſuit néceſſairement un mal qui lui ſoit égal, & d'égale ou plus grande durée, ou un mal médiocre de très-longue durée; il ne faut pas rechercher la poſſeſſion de ce bien, parce que la crainte du mal à venir diminue le bien preſent; & que le bien étant ceſſé, ſa perte nous afflige.

C. Si d'un mal de peu de durée ſuit néceſſairement un bien qui lui ſoit égal, & d'égale ou plus grande durée, ou un bien médiocre de très-longue durée; il faut ſuivre ce mal, s'il ne nous cauſe aucune imperfection, parce que l'eſpérance du bien qui en doit arriver, eſt un bien qui diminue le ſentiment de ce mal; & que le mal étant ceſſé, la mémoire en eſt agréable.

ESSAI DE LOGIQUE.

SECONDE PARTIE,

Contenant la méthode qu'il faut ſuivre pour faire de bons raiſonnemens.



ON ſe ſert du raiſonnement, ou pour s'inſtruire ſoi-même, ou pour inſtruire les autres, & refuter leurs fauſſes opinions.

Ceux avec leſquels on raiſonne, ſont; ou des eſprits ſubtils & dociles, qui comprennent facilement les connexitez des propoſitions, & qui ne s'obſtinent point à ſoûtenir un faux raiſonnement; ou des eſprits groſſiers, qui ont peine à comprendre la liaiſon des propoſitions; ou des eſprits contentieux & préoccupés de fauſſes opinions, qui conteſtent même les véritez, après qu'elles leur ſont connues. C'eſt ce qu'il faut conſidérer lorſqu'on entreprend de convaincre les uns ou les autres.

Cette ſeconde Partie eſt diviſée en quatre Diſcours.

Le *premier* contient quelques régles pour nous rendre intelligibles dans nos raiſonnemens.

Le *ſecond* contient des préceptes pour chercher & pour trouver les principes & les propoſitions fondamentales qui doivent ſervir à la preuve des propoſitions douteuſes.

Dans le *troiſième*, on enſeigne à faire les argumens, & comme il faut diſpoſer & mettre en ordre ceux qui peuvent ſervir à l'établiſſement de quelque ſcience.

Et enfin dans le *quatrième*, on donne des régles pour connoître les faux raiſonnemens, & les autres cauſes de nos erreurs, afin de ne s'y laiſſer pas ſurprendre.

PREMIER DISCOURS.

De ce qu'il faut obſerver pour ſe rendre intelligible.

NOus ſommes obligés, quand nous raiſonnons avec les autres, de leur faire entendre & comprendre nos raiſonnemens.

Nos

Nos raisonnemens sont composés de diverses propositions, & les propositions de divers noms ou mots.

En toute proposition on attribue une chose ou une action à une autre chose, ou l'on nie qu'elle lui convienne: comme, *un homme est un animal*; *la ciguë est vénimeuse*; *Pierre ne parle pas.*

Ce qu'on attribue, s'appelle l'attribut de la proposition; & la chose à laquelle on l'attribue, s'appelle le sujet: comme en cette proposition, *la neige est blanche*; la *neige* est le sujet auquel on attribue la blancheur, & la *blancheur* est l'attribut. Ce qu'on nie s'appelle aussi l'attribut de la proposition: comme en cette proposition, *Pierre n'est pas vertueux*; n'est pas *vertueux*, est l'attribut.

Les noms de sujet & d'attribut s'appellent les termes de la proposition: le sujet est appellé le moindre terme; & l'attribut le plus grand terme, parce qu'il est ordinairement le plus universel.

Il n'y a point de langage si parfait qui n'ait quelques obscuritez, & quelques mots qui sont pris en des significations différentes, ou qui ne sont pas connus de tous ceux qui usent de ce langage: c'est pourquoi il faut que ceux à qui l'on parle, tâchent de s'accommoder au sens de celui qui parle, suivant la première demande; & que celui qui parle ou qui écrit, ne se serve, s'il se peut, que des noms & des façons de parler les plus intelligibles & les plus en usage.

Ceux qui usent d'un même langage, prennent à peu près tous les noms & toutes les façons de parler dans un même sens; parce que dès l'enfance, par un long usage de voir les choses en même tems qu'on les nomme, chacun apprend la vraie signification des noms dont on se sert pour signifier les choses qui tombent ordinairement sous nos sens.

Il y a donc peu de mots qui aient besoin d'explication; & ceux qui parlent en public des choses ordinaires, sont peu souvent obligés d'expliquer ce qu'ils entendent par les mots dont ils se servent. *Euclide* n'a par cru qu'il falût expliquer la signification de beaucoup de mots qu'il emploïe: comme, *égal*, *plus grand*, *longueur*, *largeur*, *&c.* Et *Dioscoride* n'a point dit ce qu'il entendoit par les noms de *feuille*, *fleur*, *racine*, *fruit*, &c.

L'obscurité des noms procéde, ou de ce qu'un même nom signifie des choses différentes; comme, *mineur* signifie un homme qu'on emploïe à faire des mines, ou bien un jeune homme qui n'a pas encore atteint un certain âge: ou de ce que des noms différens signifient la même chose, comme un *astre* & une *étoile*; & l'on peut douter si c'est la même chose: ou de ce que la chose qu'on nomme, est inconnue, comme lorsque les Géométres parlent des *ellipses*, des *paraboles*, des *binomes*, &c. à ceux qui ne sont pas Géométres: ou de ce qu'on donne un nouveau nom à une chose connue; & l'on peut ignorer que ce nom lui convienne. En tous ces cas, & en quelques autres où l'on peut se tromper en la signification d'un mot, ou d'une manière de parler; il est

eſt preſque toûjours néceſſaire que celui qui parle ou qui écrit, explique & donne à connoître quelles ſont les choſes ſignifiées par les noms dont il ſe ſert, en ſorte qu'on puiſſe diſtinguer ces choſes des autres, & qu'on n'en conçoive pas d'autres au lieu d'elles.

La propoſition qui ſe fait pour donner à connoître quelle choſe eſt ſignifiée par le nom ou mot dont on ſe ſert, eſt ici appellée définition; & elle conſiſte à faire connoître cette choſe par le moïen d'autres noms, qui la faſſent diſtinguer de toute autre choſe, & deſquels la ſignification ſoit connue à ceux à qui l'on parle.

Pour bien faire une définition, il faut ſe régler par les demandes première & troiſième, & par les propoſitions 8, 31, 32, 33, & par celles qui ſont entre la 31 & la 32, & entre la 32 & la 33.

Si l'on pouvoit faire tomber ſous les ſens les choſes ſenſibles inconnues, & dont les noms ſont inconnus, les définitions de ces choſes ne ſeroient pas néceſſaires, parce qu'on ſçauroit de quelle choſe on voudroit parler. Mais pour les intellectuelles, dont l'exactitude ne peut être jugée par les ſens: comme, *un cercle*, *une ligne droite*, *une ellipſe*, *&c.* il faut de néceſſité les définir, & même les faire voir, en même tems, décrites & figurées de telle ſorte qu'elles puiſſent être conçûes: comme, pour donner à peu près l'idée de la ligne droite, on ſe ſervira d'un fil de ſoie fort délié, & bandé fermement de bas en haut; & pour faire connoître ce que c'eſt qu'un cercle, on en décrira un avec un compas. On fera de même à l'égard des plantes & des animaux inconnus; c'eſt-à-dire, qu'il en faut donner la peinture, en même tems qu'on les donne à connoître par le diſcours.

Il y a néceſſairement des noms de choſes qu'on ne doit point entreprendre de définir, de même qu'il eſt néceſſaire qu'il y ait des noms dont on ne puiſſe donner l'étymologie; autrement on iroit à l'infini: comme, ſi on avoit défini un animal, *un corps ſenſible*, & qu'on demandât, *qu'eſt-ce qu'être ſenſible?* on auroit de la peine à l'expliquer autrement que par des noms de même ſignification. Il y a beaucoup de premiers noms dont la ſignification s'apprend par l'uſage, c'eſt-à-dire, en nommant & faiſant tomber en même tems ſous les ſens la choſe nommée; c'eſt pourquoi ces noms ſont comme les principes des définitions. Ainſi c'eſt mal à propos que quelques-uns veulent définir & expliquer tous les noms dont ils ſe ſervent; & que d'autres blâment l'uſage des définitions, diſant que, ſi, par exemple, on a défini l'homme, un animal raiſonnable, on eſt plus en peine qu'auparavant, puiſqu'il faut définir enſuite, *animal & raiſonnable*: car il n'eſt pas néceſſaire d'expliquer la ſignification des premiers noms par d'autres; & la définition qu'on feroit d'une choſe fort commune & très-connue, en donneroit une idée moins claire que celle qu'on en a par l'uſage.

Les choſes qui ont des noms communs de ſubſtance, ſe doivent définir par un nom de genre le moins commun, & par un nom de qualité eſſen-

essentielle ou propre, qui ne convienne à aucune autre chose ; c'est une des plus importantes régles de la définition. Ainsi, lorsque pour définir un triangle, on dit, *un triangle est une figure comprise entre trois côtez*: le nom de *figure* est le nom de genre; & avoir *trois côtez*, est la qualité essentielle, qu'on appelle autrement différence essentielle. Tous ces termes sont connus; car s'ils étoient inconnus, on contreviendroit au huitième principe.

AUTRE EXEMPLE DE DÉFINITION.

L'*Eléphant est un animal à quatre pieds, le plus grand de tous*: être le plus grand de tous les animaux à quatre pieds, est une différence qui distingue l'éléphant des autres animaux: animal à quatre pieds, est le nom de genre le moins commun; car qui diroit seulement animal, ne distingueroit pas assez. On ne peut pas aussi définir en disant, *c'est une chose*; car le nom de chose comprend tout, & ne distingue rien: & lorsqu'on emploïe le nom de genre dans une définition, ce n'est pas à cause qu'il contient plusieurs espéces; mais parce qu'il fait distinguer d'abord la chose définie, de celles qui ne sont pas de même genre.

Que si le nom de qualité propre ou essentielle est inconnu, il faut faire entrer en la définition plusieurs noms de qualitez accidentelles, qui toutes ensemble ne conviennent qu'à la chose dont on veut expliquer le nom.

EXEMPLE.

L*E Houx est un arbrisseau qui a les feuilles larges, piquantes, & vertes en tout tems, & le fruit petit & rouge*: arbrisseau est le nom de genre le moins commun: avoir les feuilles piquantes, est commun au genévre, &c; les avoir larges, au chêne, &c; vertes en tout tems, au laurier, &c; le fruit petit & rouge, à beaucoup d'autres plantes: mais toutes ces qualitez ensemble ne conviennent qu'au houx. C'est de cette sorte que *Dioscoride* a défini les plantes, desquelles il dit ensuite les propriétez & les vertus. Ainsi les *Platoniciens* définissoient l'homme, un animal à deux pieds, sans plumes, aux ongles larges, &c.

Que si l'on découvre un autre arbrisseau que le houx, qui ait les feuilles larges, piquantes, vertes en tout tems, &c; il faudra ajoûter quelque chose à la définition du houx, soit à l'égard de la racine ou des fleurs, &c.

Il faut prendre garde de ne point mettre plusieurs termes en la définition, de la compatibilité desquels on pourroit douter: comme, il ne faut pas mettre en la définition du diamétre du cercle, que c'est une ligne droite qui passant par le centre, & se terminant à la circonféren-

 ce,

ce, la coupe en deux également; mais seulement, qui passant par le centre se termine à la circonférence, ou bien que c'est une ligne qui divise le cercle en deux parties égales.

Que si ce que l'on veut définir n'a point de nom de genre, & qu'on ne puisse bien donner à connoître quelqu'une de ses qualitez propres; il faut le définir par induction ou exemple, qui est la façon dont on apprend par usage la signification des noms. Les définitions qui ont été données en la première Partie, de la substance, de la qualité, de la nature, sont de cette sorte: Ou bien il le faut définir par quelques-unes de ses circonstances, causes ou effets, ou même par des noms de même signification: comme, *Le lieu est l'espace qui est occupé, ou qui peut être occupé par un corps: Le lieu est l'espace où est situé un corps au respect des autres corps qui l'environnent: La ligne droite est celle qui s'étend également ou uniment entre ses points*, c'est-à-dire, *qui s'étendant d'un point à un autre, ne s'écarte ni d'un côté ni d'un autre*, c'est-à-dire, *qui est droite: Le tems est la mesure de la durée des choses ou de leurs mouvemens*; & réciproquement *le mouvement est la mesure du tems.*

Les qualitez précises sont souvent difficiles à définir, si on ne nomme les substances où elles sont. Ainsi, on ne peut définir la rougeur du pavôt, ou celle de la rose, sans nommer ces substances; c'est par cette raison qu'on dit, couleur de feu, couleur de cerise, &c. odeur de musc, odeur de rose, &c.

Il faut que dans la définition, le terme qui est le sujet de la proposition, puisse devenir l'attribut: comme, cette définition, *un triangle est une figure comprise entre trois côtez*, peut être changée en celle-ci *une figure comprise entre trois côtez est un triangle*; parce qu'un triangle & une figure comprise entre trois côtez, signifient la même chose.

Les choses visibles sont mieux distinguées par la figure, que par toute autre qualité: & si on vouloit définir un cheval en un païs où l'on n'en a jamais vû, en cette sorte, *un cheval est un animal qui hennit*, la définition seroit inutile; car le hennissement seroit une chose également inconnue.

Quelques-uns appellent description, la définition par la figure, & nient que ce soit une définition. Cependant les Géométres ont appellé définitions, les descriptions du quarré, du triangle, de la sphére, &c. & il y a beaucoup de choses dont la figure ou l'usage est la qualité essentielle: comme une table, une scie, un marteau; c'est pourquoi il faut les définir par la description de leur figure, ou par leur usage, & même quelquefois par leur matière.

On définit quelquefois un Particulier dans son nom d'individu s'il en a un, par son nom d'espéce: comme, *Alexandre est un homme, Bucéphale est un cheval, &c*; mais ces définitions sont imparfaites.

Les définitions ne font pas que les choses soient; car pour dire, une chimére est un tel animal, un cercle est une telle figure, il ne s'ensuit pas

pas qu'il y ait dans la nature une chimére ou un cercle : mais ſuppoſant que ces choſes ſoient, ou qu'on puiſſe les faire telles qu'elles ſont définies, on leur donne le nom. D'où il s'enſuit, que les définitions ne peuvent être fauſſes quand on uſe de ce mot, *j'appelle*: mais le nom peut être donné mal à propos, comme ſi *Apollonius* avoit appellé ellipſe, ce qu'il appelle parabole ; & même quand les choſes ont des noms communs & en uſage, il ne faut pas témérairement les changer, ni donner aux noms une autre ſignification que celle qui eſt en uſage. Que ſi on veut parler de quelque choſe nouvelle, & qui n'a jamais été connue, laquelle par conſéquent n'a point de nom : comme lorſque les Chymiſtes découvrent dans leurs opérations quelque choſe extraordinaire & nouvelle; il ne faut point lui donner un nom qui ſerve déja à une autre choſe, mais il en faut inventer un nouveau: tels ſont ces noms inventés par quelques Chymiſtes, Alcaheſt, Blas, Gas, Athanor, &c; ou bien il faut ajoûter quelque épithéte au nom qui ſert à une autre choſe, comme, *Poulle de Barbarie*, *Aconit de l'Amérique*, *&c.*

La plûpart de ces régles ne ſont pas abſolument néceſſaires, même celle qui preſcrit qu'il faut définir les choſes qui ont un nom obſcur. Ceux qui ſont capables d'inventer de nouvelles ſciences, n'ignorent pas qu'il faut expliquer les noms nouveaux ou obſcurs dont ils ſe ſervent, & ils peuvent aſſez facilement donner à connoître ce qu'ils entendent par ces noms : car enfin, il n'importe pas beaucoup de quelle façon les définitions ſoient faites, pourvû qu'elles nous faſſent concevoir une idée des choſes définies aſſez diſtincte pour n'en pas concevoir d'autres au lieu d'elles : & le plus ſouvent les régles trop générales, comme celle-ci, *Il faut que toute définition ſoit compoſée de genre & de différence*, ne ſont qu'embaraſſer : & lorſqu'on veut les pratiquer exactement, on fait ſouvent des énigmes; car une énigme n'eſt autre choſe qu'une définition obſcure : comme ſi on demandoit, *qu'eſt-ce que la premiére Entélechie d'un corps organiſé aiant vie par puiſſance?* On ſeroit fort empêché de le déviner, ſi on ne ſçavoit pas que c'eſt la définition de l'ame, ſelon *Ariſtote*. Ceux-mêmes qui preſcrivent cette régle générale, en peuvent difficilement donner d'autre exemple dans les choſes ſenſibles, que celle-ci, *l'homme eſt un animal raiſonnable;* encore ne vaudroit-elle rien, s'il étoit vrai que les autres animaux euſſent du raiſonnement, comme quelques-uns l'ont ſoûtenu.

Quelquefois on établit l'exiſtence & les propriétez d'une choſe, & enſuite on lui donne un nom; ce qui peut être auſſi appellé une définition: comme, lorſqu'après avoir établi qu'il y a des propoſitions dont la vérité eſt inconteſtable, on dit qu'elles ſeront appellées des principes de connoiſſance.

L'une des plus importantes régles de la définition eſt, qu'il faut dans la ſuite du raiſonnement s'arrêter aux termes de la définition : contre laquelle régle on peut dire qu'*Euclide* a failli, lorſqu'il a dit qu'un cercle

cle ne coupe pas un autre cercle en plus de deux points; car ſuivant la définition du cercle il devoit dire, la circonférence d'un cercle ne coupe pas celle d'un autre cercle en plus de deux points.

Ce qui donne le plus de peine dans les définitions, eſt que la queſtion *qu'eſt-ce qu'une choſe?* ſe prend en divers ſens: & pour y apporter de l'éclairciſſement, il faut ſuppoſer que nous parlions à un Etranger qui ſçache beaucoup de mots de notre langue, & qui en ignore encore beaucoup. Si cet Etranger voit paſſer un cheval, & qu'il demande quelle bête c'eſt? alors il eſt évident que c'eſt le nom qu'il demande, ſuppoſé qu'il en ait déja vû d'autres; & on le ſatisfait en lui diſant que cette bête eſt un cheval. Que s'il entend prononcer le mot de cheval, & que ne ſçachant point à quelle choſe on donne ce nom, il demande qu'eſt-ce qu'un cheval? alors il lui faut répondre ſuivant les régles précédentes: comme, *un cheval eſt un animal à quatre pieds, de grande ſtature, qui a la corne du pied ronde, & de grand crins au cou & à la queuë, &c.* Enfin, tant cet Etranger que d'autres qui uſent d'une même langue que celui à qui ils parlent, en voïant une choſe & ſçachant ſon nom, ne laiſſent pas de demander quelquefois, ce que c'eſt: comme quand on voit l'arc-en-ciel ou une cométe, ou qu'on entend le tonnerre, &c. on ne laiſſe pas de demander qu'eſt-ce que l'arc-en-ciel? qu'eſt-ce que le tonnerre? &c. & alors ce n'eſt pas la ſignification du nom qu'on demande, car on la ſçait; mais quelles ſont les cauſes de la choſe ſignifiée & quels effets elle peut produire, &c. Or dans les choſes naturelles ou ſurnaturelles, il eſt très-difficile de ſatisfaire à cette queſtion; & c'eſt ordinairement le ſujet de nos diſputes, & le but & la concluſion de nos raiſonnemens. Ainſi *Ariſtote* a fait trois livres pour tâcher d'expliquer ce que c'eſt que l'ame, ſans y avoir bien réuſſi; & l'on peut remarquer dans les livres de *Platon*, l'embaras où il ſe met pour faire connoître la nature de l'etre, du non-être, de la beauté, &c. Même il paroît que le deſſein de ces Philoſophes étoit de pouvoir expliquer la nature & toute l'eſſence d'une choſe en une ſeule propoſition ſemblable aux définitions de Géométrie; ce qui eſt une erreur manifeſte: car quand les Géométres expliquent ce qu'ils entendent par un nom dont ils ſe ſervent, comme un quarré, un triangle, &c. ils peuvent facilement donner à connoître par la définition, l'eſſence de la choſe à qui ils donnent le nom, à cauſe de ſa ſimplicité: comme, *un quarré eſt une figure compriſe entre quatre côtez égaux, ſe rencontrans à angles droits.* Mais il n'en eſt pas de même des choſes naturelles ou ſurnaturelles, comme de l'ame, de l'arc-en-ciel, du tonnerre, des parélies, &c. parce qu'elles ne dépendent pas de notre imagination, & qu'elles ont ſouvent pluſieurs cauſes ou effets, qu'il eſt impoſſible d'expliquer par une ſeule propoſition. Par exemple, il en faut plus de cinquante tant de Géométrie que d'Optique, pour bien expliquer les cauſes de l'arc-en-ciel, & de ſes couleurs différentes: & quand on pour-

pourroit le faire par une ſeule propoſition, on ne doit pas l'appeller définition, ſi l'on accorde la troiſième demande; puiſque la définition doit précéder le raiſonnement & la diſpute, & que le diſcours ou la propoſition qui doit expliquer parfaitement la nature, les cauſes & les propriétez d'une choſe, ne ſe peut faire qu'aprés de grandes diſputes & de grands raiſonnemens. Que ſi pourtant on veut l'appeller définition, il ne faut pas la confondre avec l'autre, ſuivant la troiſième demande.

Pour les diſtinguer, nous appellerons la première, la définition qui précéde la diſpute, ou la définition diſtinctive, ou la définition de Logique, telles que ſont les définitions des Mathématiciens: & l'autre, celle qui ſuit la diſpute, & qui en eſt la concluſion; & il ne faut pas ſe mettre en peine de faire cette dernière, quand la première ſuffit. C'eſt de la première qu'on entend parler ici, & dont on a donné les régles.

Il eſt quelquefois néceſſaire pour ſe bien faire entendre, de ſe ſervir de diviſion ou diſtinction. On diviſe, par exemple, un diſcours en deux ou trois points, pour le rendre plus clair, & pour faire qu'on s'en ſouvienne mieux: on diviſe une choſe entière en ſes parties, comme quand on dit qu'un homme eſt compoſé de corps & d'ame: on diviſe un nom équivoque en ſes ſignifications différentes, &c. Les régles qu'on donne pour bien faire une diviſion, ſont peu importantes, & il eſt quelquefois très-difficile de les bien appliquer, & de pouvoir aller juſques au dernier détail des choſes: comme, ſi l'on avoit diviſé les animaux en terreſtres & aquatiques, &c. les terreſtres, en ceux qui marchent, & en ceux qui rampent; il ſeroit comme impoſſible de dire enſuite toutes les eſpéces d'animaux qui marchent ou qui rampent, parce que le nombre en eſt trop grand, & qu'il n'y a perſonne qui les ſçache toutes.

DEUXIÈME DISCOURS,

De l'Invention des Principes.

LEs définitions & les diviſions étant faites, ſi elles ſont néceſſaires, il faut regarder de quel genre eſt la propoſition à prouver, c'eſt-à-dire, ſi elle eſt intellectuelle, ou ſenſible, ou morale; car les principes pour les prouver ſont différens, comme auſſi la façon de les chercher.

Les propoſitions de quelque genre qu'elles ſoient, ſont: ou des théorêmes, qui propoſent quelque choſe à connoître; comme, *Un nombre quarré multipliant un nombre quarré, produit un nombre quarré*; *Le ſoleil eſt plus grand que la terre*; *Il faut ſuivre la vertu*: ou des problêmes, qui propoſent quelque choſe à faire; comme, *décrire un quarré*; *rendre une terre fertile*; *appaiſer une ſédition*.

Les propositions intellectuelles sont souvent nécessaires pour parvenir à la connoissance des propositions sensibles pour lesquelles nous avons de la curiosité, ou desquelles il nous importe de sçavoir la vérité: comme, si une éclipse de soleil ou de lune, ou l'apparition d'une nouvelle cométe, nous donne de l'étonnement; on ne peut sçavoir si ces choses nous menacent de quelque malheur ou non, sans sçavoir leurs causes; & on ne les peut sçavoir sans le secours de la Géométrie, de l'Arithmétique, & des autres sciences intellectuelles, par lesquelles nous pouvons sçavoir les distances de ces corps, leurs grandeurs, leurs mouvemens & revolutions. De même, si un miroir concave nous fait paroître l'image d'une chose dans une situation renversée, si nous considérons l'arc-en-ciel & beaucoup d'autres merveilles de l'art ou de la nature; notre curiosité ne peut être satisfaite que par le moïen des mêmes sciences. Elles peuvent aussi servir pour les propositions morales; comme, lorsque pour établir & conserver la paix entre les hommes, il faut faire le partage des terres & des autres choses, connoître les limites de ce qui appartient à chaque Particulier, & mettre toutes les choses en leur juste proportion. Même ces sciences sont nécessaires pour inventer plusieurs choses utiles à notre vie, ou pour les perfectionner; comme la science de la Navigation, l'Architecture, les lunettes d'approche, & plusieurs autres choses qui sont déja en usage, ou qui restent à inventer. D'où il s'ensuit, que ceux qui font profession d'instruire les autres, doivent sçavoir de nécessité ces sciences intellectuelles, du moins leurs propositions les plus importantes, & qui sont le fondement des autres.

Nous diviserons ce second Discours en trois Articles: dans le premier, on donnera des régles pour trouver les principes qui pourront servir à la preuve des propositions intellectuelles; dans le second, on en donnera pour les principes des propositions sensibles; & dans le troisième, pour les principes des propositions morales.

ARTICLE PREMIER.

De la Méthode pour trouver les principes des Propositions intellectuelles.

LEs propositions de Géométrie & d'Arithmétique sont des propositions intellectuelles, dont nous formons les objets par cette opération de l'esprit qu'on appelle abstraction ou séparation: comme lorsque nous considérons la grandeur & la figure sans les sujets où elles sont; les mouvemens sans les choses mûes; les nombres sans les choses nombrées; une longueur sans largeur, qu'on appelle une ligne, que nous concevons aussi comme l'extrémité d'une surface, sans pénétrer dans la sur-

surface; de même que nous concevons le point comme l'extrémité d'une ligne, sans pénétrer dans la ligne, & les surfaces comme les extrémitez des corps, sans pénétrer dans les corps: & ensuite nous concevons des lignes droites, des surfaces planes, des cubes, des sphéres, &c.

Nos sens ne peuvent discerner ces objets avec exactitude, & nous ne pouvons nous en former une idée ou image exacte; mais seulement nous pouvons les énoncer, & les supposer comme nous les énonçons.

Les autres propositions intellectuelles qu'on appelle ordinairement de Métaphysique ou surnaturelles, ont divers objets; comme l'être en général, la première cause de l'être, les idées des choses, les possibilitez intellectuelles, l'infini, &c.

Les propositions de Géométrie & d'Arithmétique sont: ou véritez premières, que l'on reçoit sans difficulté par le second principe: ou elles ont besoin de preuve, & pour les prouver; il faut chercher sous quels principes elles sont comprises, soit premiers ou seconds, lesquels on pourra discerner s'ils se présentent à l'esprit, par la faculté naturelle que nous avons de connoître les connexitez des propositions entr'elles, & de faire de bons raisonnemens, comme il a été remarqué dans le quatrième principe; laquelle faculté se perfectionnera par l'usage des raisonnemens, & par la connoissance des régles suivantes.

Il y a des principes spéculatifs intellectuels; comme, *les choses égales à une autre, sont égales entr'elles*: il y en a d'autres pour les constructions des figures. Ces derniers ne se démontrent point, non plus que les premiers: mais ils s'établissent par la demande qu'on fait que leur possiblilité soit accordée: comme, *que l'on puisse tirer une ligne droite d'un point à un autre point*; *que l'on puisse décrire un cercle*, *&c.* l'on demande qu'on les accorde; parce qu'on peut les contester, & même les nier, à cause que nos sens ne peuvent connoître si une ligne est parfaitement droite, & que nous ne pouvons discerner, ni même tracer une ligne sans courbure & sans largeur, &c. Mais comme nous croïons ces choses être possibles intellectuellement, & que ce n'est que par le défaut de nos sens & de la matière, qu'on ne peut les décrire sensiblement; on les accorde être possibles intellectuellement, sans prétendre de les faire réellement, sinon à peu près; & ces demandes accordées servent de principes.

*On peut ici remarquer qu'*Euclide *n'a pas prouvé exactement sa première proposition; car il n'a pas demandé qu'on puisse décrire un cercle en un plan donné; ce qui est nécessaire pour faire que les circonférences de deux cercles s'entrecoupent. On peut dire aussi que les Géométres ont tort de faire scrupule d'admettre en un plan la possibilité des lignes qui se forment par des mouvemens composés, ou par des sections de cones, comme les conchoïdes, les ellipses, &c; car intellectuellement elles ne sont pas moins possibles que les circonférences des cercles, & que les lignes droites; & sensiblement les unes & les autres sont impossibles, ou du moins leur exactitude ne peut être discernée.*

On

On peut aussi faire des demandes pour servir de principes spéculatifs, quand ce que l'on demande d'être accordé, n'est pas aussi clair & évident que les véritez premières intellectuelles, & qu'il est difficile de le prouver par elles, pourvû qu'il ait beaucoup d'évidence, & qu'il soit nécessaire pour la preuve de plusieurs autres propositions, comme les trois demandes qui sont au commencement de la première Partie de ce Traité. *Archimède*, dans ses Méchaniques, emploïe plusieurs demandes de cette nature: comme, *les poids égaux en distances inégales pesent inégalement*.

Les régles qu'il faut suivre pour les demandes sont; qu'elles ne soient pas très-claires, car on les proposeroit comme des axiomes ou véritez premières; qu'elles soient nécessaires pour la preuve de ce qu'on entreprend de prouver; & qu'elles ne puissent être démontrées, ou du moins que la démonstration en soit très-difficile ou très-obscure: mais tout ce qui est très-clair de soi-même, ou qui peut être assez facilement prouvé, ne doit pas être demandé. C'est par cette raison qu'*Euclide* n'a pas dû faire des demandes de sa seconde proposition ni de sa troisième. Quelques-uns lui objectent mal à propos, qu'il a pris pour axiome ou commune sentence, le principe dont il se sert pour les lignes paralleles: car selon *Proclus*, il l'a mis au nombre des demandes, aussi-bien que cet autre, *tous les angles droits sont égaux entr'eux*; & le même *Proclus* assûre que cette dernière proposition est donnée pour exemple de demande par *Aristote*.

On peut dire pourtant de celle qui sert à établir les lignes paralleles, qu'elle est défectueuse, parce qu'on n'a pas appris par les principes & par les définitions qui la précédent, quelle conséquence on peut tirer de ce que deux angles sont moindres que deux angles droits.

Quelques-uns ont dit que les définitions étoient les seuls principes, & que les axiomes-mêmes ou véritez premières se devoient prouver par les définitions: comme celle-ci, *le tout est plus grand qu'une de ses parties*, devoit être prouvée par les définitions de tout, de plus grand, de parties, &c. A quoi on peut répondre qu'il n'est pas nécessaire de définir les noms qui sont très-connus, comme il a été dit ci-devant: & que quand il y auroit un nom obscur dans une proposition, la définition qu'on en feroit, ne contribueroit rien ni à la vérité, ni à la fausseté de la proposition; mais seulement à faire entendre sa signification; ce qui est évident, puisque les noms sont arbitraires, & que la vérité des propositions ne dépend pas de notre volonté; & qu'encore qu'on n'eût jamais imposé de noms aux choses, on ne laisseroit pas de connoître certainement qu'une chose entière qu'on verroit, excéderoit chacune de ses parties; & de même à l'égard des autres véritez premières. Mais si la question est du nom; comme, si l'on propose une ligne qui ait les proprietez qu'*Euclide* attribue à une ligne qu'il appelle binome, & qu'on nie que ce soit un binome; alors la définition sert

de

de principe, mais non de premier principe; car si l'on nie qu'*Euclide* ait donné cette définition, le premier principe est de la faire lire dans son livre des Elémens; de même, si l'on nie qu'une anémone s'appelle une anémone, le premier principe sera de le faire dire à plusieurs Jardiniers. Par ce moïen on finira les disputes, où il s'agit seulement du nom, en le prouvant par la définition, & la définition par l'induction.

Quelques-uns on dit qu'il faut prouver les principes par d'autres principes, quand ils ont quelque connexité entr'eux, quoiqu'ils soient également clairs; ce qui seroit absurde & inutile; car il ne faut pas prouver ce qui n'a pas besoin de preuve, de même qu'il ne faut pas chercher le moïen de voir ce qu'on voit déja: & encore qu'il y ait de la connexité entre deux principes, en sorte que si l'un ou l'autre étoit faux, l'autre le seroit aussi; il ne s'ensuit pas qu'il soit nécessaire de les prouver l'un par l'autre.

Pour les autres principes spéculatifs qui servent à prouver les propositions qui ne sont pas du nom, l'on ne peut donner des régles certaines pour les trouver, non plus que pour faire infailliblement de beaux vers sur un sujet donné; car l'un & l'autre dépend principalement de l'adresse de l'esprit de celui qui les cherche, & d'une rencontre de laquelle on ne peut être assûré. Voici une méthode qu'on peut observer.

Celui qui entreprend de trouver les principes qui peuvent servir à prouver une proposition de Géométrie, doit sçavoir plusieurs de ces principes; & si la proposition en dépend immédiatement, ou qu'elle n'en soit pas éloignée, il pourra découvrir les principes ou les propositions immédiates, qui peuvent servir à sa preuve avec assez de facilité. Comme, si on propose de prouver qu'une ligne droite comme BD tombant sur une autre, comme AC, fait les angles de part & d'autre droits ou égaux à deux angles droits: si l'on sçait cette définition, *lorsqu'une ligne droite tombant sur une autre fait les angles de part & d'autre égaux, on les appelle droits*; & qu'on sçache aussi ce principe, *les choses qui conviennent & s'ajustent précisément entr'elles, sont égales*: on pourra s'appercevoir que si DB n'est pas perpendiculaire à AC, & que DE le soit; les angles de part & d'autre, EDA, EDC, seront droits, selon la définition; & que puisque les deux angles BDA & BDC pris ensemble, conviennent avec les deux droits EDA & EDC joints ensemble, ils leur seront égaux. Ainsi cette définition des angles droits, & ce principe, *les choses qui conviennent entr'elles & s'ajustent précisément l'une à l'autre, sont égales*, serviront pour la preuve de cette proposition. TAB. XXV. Fig. 1.

Que si on demande la preuve de cette proposition; *lorsque deux lignes droites, comme AB & CD, s'entrecoupent au point E, les angles opposés AED, CEB sont égaux*: on pourra voir, si l'on considére la proposition précédente, que CE tombant sur AB, fait les angles CEA & CEB pris ensemble, égaux à deux angles droits, & que par la même TAB. XXV. Fig. 2.

raison, AE tombant sur DC, fait les angles AED, AEC, égaux à deux droits; & qu'ainsi ces deux derniers pris ensemble sont égaux aux deux premiers pris ensemble. Que si l'on sçait le principe, *si de choses égales on ôte des choses égales, les restes sont égaux*; on pourra connoître que si des angles CEA, CEB, & des deux CEA, AED, on ôte l'angle commun CEA, les restans CEB, AED seront égaux; & que ce principe & la proposition précédente pourront servir pour le prouver.

Mais si les propositions sont difficiles à prouver, & qu'on ait de la peine à découvrir quelque connexité entr'elles & les principes premiers ou seconds; il faudra tirer une ou plusieurs nouvelles lignes dans la figure, qui pourront servir de moïen pour comparer les autres entr'elles. Comme, si aiant proposé le demi cercle ACB, & aiant tiré à la circonférence les deux lignes AC, BC, on demandoit si l'angle ACB est droit ou non; il seroit très-difficile de le juger, sans tirer quelque autre ligne du centre D à la circonférence ACB, comme la ligne DC: mais étant tirée, si l'on sçait que les lignes, tirées du centre à la circonférence d'un cercle, sont égales entr'elles; on pourra voir que les trois lignes DC, DA, DB, sont égales: & si l'on sçait qu'aux triangles qui ont deux côtez égaux, les angles sur la base sont égaux; on jugera facilement que les angles DCA & DAC sur la base AC, sont égaux, & que par la même raison, l'angle BCD est égal à l'angle CBD. On pourra juger ensuite que les deux angles au point C sont égaux ensemble aux deux A & B: & si l'on sçait que les trois angles d'un triangle pris ensemble sont égaux à deux angles droits; on pourra connoître que l'angle ACB sera droit, puisqu'il est la moitié des trois angles du triangle ACB; & que ces deux propositions pourront servir à le prouver; ce qu'on n'auroit pu découvrir, si on n'avoit tiré la ligne CD, & si on n'avoit sçû ces principes & ces propositions.

TAB. XXV. Fig. 3.

Il faut donc, ou par des lignes paralleles, ou par des perpendiculaires, ou par des cercles, &c. tâcher de découvrir quelque connexité de la proposition avec ce qui nous est connu: & souvent on pourra y réussir, pourvû, comme il a été dit, qu'on ait la connoissance de plusieurs principes reçûs, & de plusieurs propositions prouvées, & quelque usage du raisonnement; ou même l'adresse d'inventer de nouveaux principes, si ceux qui sont connus & reçûs, ne suffisent pas. Mais il est très-difficile d'enseigner par quelles lignes ou par quelles figures on en pourra venir à bout; ni même, les lignes étant tirées, de donner une méthode infaillible pour voir les conséquences & la connexité de ce qui est proposé, avec les principes. C'est pourquoi *Pythagore*, à ce qu'on dit, fit un sacrifice aux Muses, pour avoir trouvé la démonstration d'une proposition, en tirant de certaines lignes, reconnoissant que ce n'étoit pas l'effet d'une science infaillible, mais de

quel

quelque sorte d'inspiration divine ; de même que les anciens Poëtes rapportoient aux inspirations des Muses l'invention de leurs belles Poësies.

Que si la question est en nombres, il faut prendre, outre ceux qui sont proposés, un ou plusieurs autres nombres, qui puissent servir de moïen & de liaison pour prouver la proposition, de même qu'on prend des lignes nouvelles pour les propositions de Géométrie : & si l'on sçait beaucoup de principes touchant les nombres, & qu'on ait aussi l'adresse d'en inventer ; on pourra souvent découvrir ceux qui pourront servir à la preuve de la question.

Pour inventer facilement des théorêmes en nombres, on peut se servir de la méthode suivante : Il faut remarquer quelque propriété par induction entre quelques nombres qui se trouve aussi entre d'autres ; par où l'on pourra conjecturer que cette propriété s'étendra à tous les nombres de cette nature. Comme, si on a remarqué qu'entre les deux quarrez 4 & 9, il y a le nombre 6, qui est les deux tiers de 9, de même que 4 est les deux tiers de 6 ; & qu'entre les quarrez 9 & 16 il y a 12, qui est les $\frac{3}{4}$ de 16, de même que 9 est les $\frac{3}{4}$ de 12 : on pourra conjecture qu'il y aura toûjours entre deux nombres quarrez un moïen proportionnel, & que ce moïen proportionnel sera le produit des racines des deux quarrez ; puisque 6 est le produit de 2 & 3, & que 12 l'est de 3 & 4. Aiant encore trouvé une semblable propriété entre quelques autres quarrez, on aura une opinion vrai-semblable qu'entre deux quarrez il y a toûjours un moïen proportionnel, dont on cherchera ensuite la démonstration.

Quelques-uns ont dit que les choses étoient bien prouvées, quand elles étoient prouvées par leurs causes ; ce qui est vrai à l'égard des choses naturelles. Mais à l'égard des propositions de Géométrie, ou des autres sciences intellectuelles, il n'est pas nécessaire de prouver pourquoi la chose est ainsi, mais seulement qu'elle est ainsi : comme dans la dernière figure ci-dessus, ce n'est pas la ligne CD qui est cause que l'angle ACB est droit ; mais elle sert de moïen pour le faire connoître, & la démonstration ne laisse pas d'être très-évidente. Les principes-mêmes ou véritez premières, ne sont pas les causes des autres véritez ; mais elles les font connoître. Ce seroit aussi en vain qu'on voudroit prouver l'existence d'une première cause par ses causes, puisqu'elle n'en a point.

Pour trouver la solution des problêmes de Géométrie, & les principes qui servent à les construire & à les prouver ; il y a une méthode que les Anciens appelloient analyse, qui est de les supposer faits comme on les demande, & d'examiner ensuite les liaisons & les conséquences de cette supposition, jusques à ce qu'on arrive à une chose qui nous soit connue, & qu'on puisse faire ; & cette dernière chose sera le moïen & le principe par lequel on parviendra à la solution de ce qui sera proposé.

EXEMPLE.

TAB. XXV. Fig. 4. ON propose de former sur la ligne AB un triangle équilatéral, c'est-à-dire, qui ait les trois côtez égaux. Il faut le supposer fait; c'est-à-dire, qu'il faut tirer deux autres lignes à un point comme C, par exemple, AC, BC, les supposant égales entr'elles, & à AB, car cela étant, le triangle seroit équilatéral. Or, si l'on sçait que toutes les lignes, tirées d'un même centre à une même circonférence, sont égales; & qu'on demeure d'accord qu'on puisse faire un cercle du point B comme centre, & du demi diamétre BA; on pourra juger que si on le fait, sa circonférence passera par le point C. Par la même raison si on fait un autre cercle de même grandeur, dont le centre soit A, sa circonférence passera aussi par le point C; autrement les lignes BA, BC, & AB, AC, ne seroient pas égales. Ainsi les deux cercles se couperont en C. Or cela étant certain, & la façon dont on peut décrire ces cercles nous étant connue, on jugera que, si sans avoir tiré les deux lignes, ni pris le point C, on fait deux cercles des deux extrémitez A & B comme centres, & de l'intervalle AB; & que du point où les circonférences s'entrecouperont comme C, on tire deux lignes aux extrémitez A & B; chacune de ces lignes sera égale à AB; & que la définition du cercle, & la description des deux, ACD, BCE, seront les principes de la preuve de l'égalité des deux lignes AC, CB avec AB: & l'on pourra juger que les lignes AC, CB, sont égales entr'elles, puisque l'une & l'autre est égale à AB, si l'on sçait ce principe, *les choses égales à une autre, sont égales entr'elles;* & ce principe servira pour le prouver; d'où l'on connoîtra que le triangle est équilatéral.

On appelle synthèse ou composition, la construction de la figure, & le raisonnement qui se fait ensuite de l'analyse. On peut, si l'on veut, appeller toute l'opération, analyse: & alors elle aura trois parties; la zététique, ou recherche de ce qui peut être connu; la construction de la figure; & la démonstration.

Que si l'on trouve qu'il y ait quelque liaison & connexité de ce qu'on suppose fait, avec une fausseté première; le problême sera impossible, & on le prouvera impossible par cette fausseté.

Lorsque les problêmes sont éloignés des premiers principes, ils sont beaucoup plus difficiles. Néanmoins par la même méthode, on peut souvent trouver leur solution, en tirant des lignes nouvelles, &c. Il y en a des exemples dans les livres de Géométrie.

Pour les problêmes des nombres; comme, *trouver un nombre quarré égal à la somme de deux autres nombres quarrez*, on suppose que les nombres que l'on cherche, sont trouvés, & on les marque par des lettres, suivant la méthode expliquée ci-devant, tant les connus que les inconnus,

nus, du moins les inconnus. On en fait ensuite l'analyse, c'est-à-dire, on en considére les conséquences jusques à ce qu'on parvienne à une chose qui soit connue, par le moïen de laquelle on donnera la solution du problême avec assez de facilité.

On peut encore se servir pour la solution des problêmes en nombres, de la méthode qui a été expliquée pour les théorêmes; qui est de remarquer quelque propriété en quelques nombres, par laquelle on puisse résoudre ce qui est proposé. Comme, si on sçait que lorsque le quarré d'un nombre est égal à la somme des quarrez de deux autres nombres, ces trois nombres s'appellent un triangle rectangle en nombres; & qu'on propose pour problême de trouver un certain nombre de ces triangles rectangles, comme quatre ou cinq, &c; après avoir trouvé par hazard ou autrement un de ces triangles, comme 3, 4, 5; car 25 quarré de 5 est égal à 16 & 9 ensemble, qui font les quarrez de 4 & de 3: on pourra remarquer que le plus grand nombre 5 est composé de deux quarrez, sçavoir 4 & 1, dont 2 & 1 sont les racines; que 3 est la différence de ces mêmes quarrez; & que le troisième nombre 4 est le double du produit de ces deux racines 1 & 2. Ensuite de cette remarque, on pourra prendre deux autres nombres, comme 3 & 2: & après avoir considéré que 13 est la somme des quarrez de ces deux nombres, & que 5 est la différence des mêmes quarrez, on verra que si on ôte de 169 quarré de 13, 25 quarré de 5, il restera 144, qui est aussi un nombre quarré, dont la racine est 12; & par conséquent que 13, 12, & 5 sont un triangle rectangle en nombres, & que 12 est le double du produit des racines 2 & 3. On fera encore de semblables remarques en deux autres nombres comme 2 & 5; & l'on trouvera que 29 somme de leurs quarrez, 21 différence des mêmes quarrez, & 20 double de leur produit, est aussi un triangle rectangle; car le quarré de 29, qui est 841, est égal à la somme de 400 & de 441 quarrez de 20 & de 21: d'où l'on pourra conjecturer que cette régle est générale, & que par son moïen on trouvera tant de triangles rectangles qu'on voudra. On cherchera ensuite les principes, pour faire la démonstration de cette régle.

De même, si l'on remarque qu'aux triangles 3. 4. 5, & 20. 21. 29, les deux moindres côtez ont l'unité pour différence; & qu'on propose de trouver une régle pour faire d'autres triangles rectangles à l'infini, qui aient la même propriété; on pourra considérer le rapport qu'ont les deux nombres 2 & 5, qui servent à faire le triangle 20, 21, 29 aux deux 1 & 2, qui servent à faire le triangle 3, 4, 5; & on pourra prendre garde que le plus grand des deux nombres 1 & 2 est égal au moindre des deux autres 2 & 5, & que 5 est égal à la somme des deux 1 & 2 plus le même nombre 2. Ensuite on pourra prendre, suivant la même régle, 5 & 12, le moindre desquels est égal au plus grand des deux 2 & 5, & 12 est égal à la somme des mêmes 2 & 5, plus le même nombre 5.

Après avoir fait par le moïen de ces deux nombres 5 & 12, suivant la régle ci-dessus, le triangle 169, 120, 119; & avoir remarqué que les moindres côtez 120 & 119, ont aussi l'unité pour différence; on aura une opinion vrai-semblable que cette progression s'étend à l'infini. On prendra ensuite d'autres nombres selon la même progression, comme 12 & 29, 29 & 70, 70 & 169, 169 & 408, &c: & si on remarque que ces nombres pris de deux en deux, servent à faire des triangles rectangles qui ont encore cette propriété, sçavoir que leurs deux moindres côtez ont l'unité pour différence; on cherchera les principes pour faire la démonstration de cette régle, suivant ce qui a été enseigné ci-devant; & si on les trouve, & que par leur moïen on puisse prouver l'infaillibilité de cette régle, on aura trouvé la solution du problême.

On pourra encore remarquer que dans le triangle 13, 12, & 5, qui est fait par 2 & 3, le nombre 7 est la différence des deux côtez; & que 3 & 8 qui viennent de 2 & 3, suivant la même régle de progression, font le triangle 73, 55, 48, qui a le même nombre 7 pour la différence de ses deux moindres côtez; & que la même propriété se trouve dans plusieurs autres nombres de la même progression, comme 8. 19, 19. 46, &c. D'où l'on pourra conjecturer que cette régle est universelle; c'est-à-dire, que si l'on prend deux nombres quels qu'ils soient, dont on fasse une progression selon la régle ci-dessus; la même différence qui se trouvera entre les deux moindres côtez du triangle qui sera fait par les deux premiers nombres de la progression, se trouvera aussi entre les deux moindres côtez de tous les autres triangles faits par deux autres nombres de la même progression. Et après qu'on aura remarqué cette propriété par plusieurs autres exemples, & même que dans la suite de ces triangles, les côtez qui sont la différence des deux quarrez, surpassent, & sont surpassés alternativement par les autres côtez, on cherchera les principes pour en faire une démonstration universelle. Cette méthode est fort utile pour trouver plusieurs propriétez admirables & surprenantes dans les nombres, qu'on pourra proposer comme des théorêmes, ou comme des problêmes; mais, parce que le plus souvent ce ne sont que de vaines curiositez, il ne faut pas beaucoup s'y arrêter.

Il y a encore une autre méthode fort commode pour trouver la solution des problêmes, tant d'Arithmétique que de Géométrie, même des plus difficiles: on l'appelle vulgairement Algébre ou Analyse algébrique. Elle consiste principalement en deux choses.

La *premiére* est, que pour exprimer la plûpart des raisonnemens, & des opérations qu'il faut faire pour parvenir à la solution des questions, on se sert, outre les lettres de l'alphabet, & les caractéres de l'Arithmétique commune, de plusieurs autres notes & caractéres: comme + pour signifier plus; — pour signifier moins; A^2, A^3, A^4, pour signifier A quarré, A cube, A quarré quarré; AB, pour signifier le produit de A par B; $\frac{A}{B}$ pour signifier le quotient de A divisé par B; = pour signifier

gnifier égalité, comme A = B − C signifie A égal à B moins C; & pour signifier que deux grandeurs ont entre elles un même rapport que deux autres, on les note ainsi, A | B || C | D; ce qui donne à connoître que A a un même rapport à B, que C à D, &c.

La *seconde* & la plus importante est, qu'après avoir exprimé par quelques-unes de ces notes ou par quelques autres, les grandeus connues & inconnues, qui peuvent servir à résoudre le problême; on le suppose fait, comme en l'analyse dont il est parlé ci-devant; & l'on en tire des conséquences, en comparant ensemble les grandeurs exprimées par ces diverses notes, en considérant les rapports qu'elles ont les unes avec les autres, en les ajoûtant ensemble, ou en les ôtant les unes des autres, &c. selon les conditions de la question, jusques à ce qu'on trouve une égalité entre deux grandeurs exprimées diversement, dont l'une soit l'inconnue, ou son quarré, ou son cube, &c. & l'autre, celle qui est connue, ou sa moitié, &c. par le moïen de laquelle égalité, & de certaines régles que cette méthode enseigne, on découvre quelle est cette grandeur inconnue; & l'on résout ensuite le problême.

Les principes dont on se sert le plus ordinairement en Algébre, sont les quatre suivans: *Si de choses égales on ôte des choses égales, les restes sont égaux: Si à des choses égales on ajoûte des choses égales, les tous sont égaux: Les produits des grandeurs égales multipliées par un même nombre, sont égaux: Les quotiens des grandeurs égales divisées par un même nombre, sont égaux.*

EXEMPLES DE L'ANALYSE ALGE'BRIQUE.

PREMIER EXEMPLE.

ON demande deux nombres tels que le moindre étant ajoûté à 10, la somme soit égale au plus grand; & le même nombre 10 étant ajoûté au plus grand, la somme soit triple du moindre.

Pour résoudre cette question ou problême, on pourra poser une lettre comme A, pour le moindre nombre, & y ajoûtant 10, la somme sera A plus 10, qu'on note ainsi A † 10: & parce que suivant la premiére condition du problême, cette somme doit être égale au plus grand des deux nombres; on pourra conclure que ce plus grand nombre sera A † 10. Si on lui ajoûte 10, la somme sera A † 20, qui doit être triple du moindre nombre A, & par conséquent égale à 3 A; d'où l'on pourra connoître qu'il y aura égalité entre 3 A, & A † 20; & qu'ôtant un A de part & d'autre, les restes 2 A, & 20, seront encore égaux. Enfin l'on pourra juger qu'il y a égalité entre leurs moitiez A & 10, & que le nombre qu'on avoit posé être A, est 10; ce qui résout la question; car l'autre nombre qu'on avoit trouvé être A † 10, sera

ſera 20, & ces deux nombres 10 & 20 ſatisfont au problême.

On peut trouver la ſolution de ce problême, & de quelques autres ſemblables, par la ſimple analyſe, en ne ſe ſervant point de la note †, ni d'aucune autre, à la réſerve des lettres de l'alphabet, & des caractéres de l'Arithmétique commune: mais pour en trouver la ſolution par la pure analyſe algébrique, il faut, au lieu d'exprimer le raiſonnement par de longs diſcours, y emploïer pluſieurs notes algébriques; ce qu'on n'a point obſervé exactement dans cet exemple, ni dans les ſuivans, de crainte d'être trop obſcur.

AUTRE EXEMPLE DE L'ANALYSE ALGEBRIQUE.

ON demande deux nombres, dont la ſomme & le produit ſoient des nombres égaux.

On peut réſoudre ce problême par deux manières: la première eſt, de poſer une lettre comme A pour un des nombres; & pour l'autre, quelque nombre comme 4: la ſeconde eſt, de poſer une lettre pour chaque nombre.

Par la première manière on pourra raiſonner ainſi: Soit 4 l'un des nombres, & A l'autre; donc, ſuivant la condition du probléme, leur produit 4 A ſera égal à leur ſomme $4 \dagger A$: & ſi l'on ôte de part & d'autre un A, il y aura encore égalité entre les reſtes 3 A & 4; donc le nombre qu'on a poſé A ſera $\frac{4}{3}$ qui eſt le quotient de 4 diviſé par 3. Par conſéquent les deux nombres cherchés ſont 4 & $\frac{4}{3}$, qui ſatiſfont à la queſtion.

Par l'autre manière, on pourra raiſonner ainſi: Soient A & B les deux nombres; donc leur produit AB ſera égal à leur ſomme $A \dagger B$: & ſi on les diviſe par B, il y aura encore égalité entre la fraction $\frac{A \dagger B}{B}$ & A (A eſt le quotient de AB diviſé par B). Mais $\frac{B}{B}$ eſt égal à l'unité, comme $\frac{3}{3}$ ou $\frac{4}{4}$. Donc au lieu de mettre $\frac{A \dagger B}{B}$ on peut mettre $\frac{A}{B} \dagger 1$, qui ſera auſſi égal à A; & ôtant l'unité de part & d'autre, $A - 1 = \frac{A}{B}$; & les multipliant tous deux par B, les produits $AB - 1B$ & A ſeront encore égaux (A eſt le produit de $\frac{A}{B}$ par B, comme 3 eſt le produit de $\frac{3}{4}$ par 4); & ſi l'on diviſe ces deux produits par $A - 1$, les quotiens B & $\frac{A}{A-1}$ ſeront égaux, & par cette raiſon l'on mettra $\frac{A}{A-1}$ au lieu de B; ce qui pourra faire connoître que la queſtion ſera réſolue; car les deux nombres qu'on avoit notés A & B étant réduits à A & $\frac{A}{A-1}$, on verra facilement que quelque nombre qu'on prenne pour A, comme 6; $A-1$ ſera 5, & $\frac{A}{A-1}$ ſera $\frac{6}{5}$: & que ſi A eſt 2, les deux nombres

bres ſeront 2 & $\frac{2}{1}$, dont le dernier vaut auſſi 2; & que ces nombres ſatisfont à la queſtion, de même que 3 & $\frac{3}{2}$, 4 & $\frac{4}{3}$, & ainſi à l'infini, en prenant tel nombre qu'on voudra pour A; & par conſéquent que la ſolution de ce problême ſera univerſelle.

EXEMPLE D'UN PROBLÊME DE GÉOMÉTRIE.

UNe ligne étant donnée comme AB, on demande qu'on la diviſe en deux parties inégales, comme au point C, en ſorte que cette ligne étant continuée directement en BD, & BD étant égale à BC, le quarré de la partie AC ſoit égal au rectangle ou produit de la partie BC, & de la toute AD. TAB. XXV. Fig. 5.

Pour réſoudre ce problême, on peut poſer la lettre a pour la ligne donnée AB, & b pour BC ou BD: & ſuppoſant que C eſt le point qu'on cherche; pour ne pas mettre trop de lettres différentes, on notera AC par $a-b$, & AD par $a+b$, & l'on pourra raiſonner ainſi. Le quarré de $a-b$, ſelon le calcul algébrique, eſt a^2+b^2-2ab; & le rectangle de $a+b$ par b, eſt $bb+ab$; donc, ſuivant la condition du problême, il y a égalité entre ces deux grandeurs: & ſi on ôte b^2 de part & d'autre, il y aura égalité entre a^2-2ab, & ab; & ajoûtant $2ab$ de part & d'autre, il y aura encore égalité entre a^2 & $3ab$; & par cette égalité, on pourra remarquer qu'il eſt néceſſaire que $3a$ ſoit à a, comme a eſt ab, ſi on ſçait que lorſque trois grandeurs ſont à continuellement proportionnelles, le quarré de la moïenne eſt égal au rectangle des deux extrêmes, puiſque le produit des deux extrêmes $3a$ & b eſt égal au quarré de la moïenne a; & l'on conclura que comme $3a$ eſt triple de a, a doit être triple de b; d'où l'on pourra juger que ſi l'on prend le tiers de la ligne donnée AB, qu'on a notée par la lettre a, & que BC ſoit ce tiers, on aura trouvé le point requis qui eſt C, & qu'on aura ſatisfait à l'analyſe du problême, dont on pourra donner enſuite la ſynthèſe ou compoſition, c'eſt-à-dire, la conſtruction & la démonſtration, ſi on ſçait les premiers élémens de Géométrie.

Quelques-uns appellent Algébre numérique, celle où l'on ſe ſert des caractéres des nombres, comme 3, 4, 5, &c; & Algébre ſpécieuſe, celle où l'on ſe ſert ſeulement des lettres de l'alphabet, & de quelques autres notes, pour exprimer les grandeurs connues & inconnues. Mais cette diſtinction n'eſt pas néceſſaire: car on peut ſe ſervir indifféremment de toutes les notes qui ſont les plus commodes, comme on le peut juger par le premier exemple; car ſi on avoit mis une lettre comme B au lieu du nombre 10, l'opération auroit été plus longue & plus obſcure. On voit auſſi dans le troiſième problême, qu'encore qu'il ſoit de Géométrie, & qu'on ait mis des lettres pour les grandeurs connues & inconnues, on n'a pas laiſſé de ſe ſervir du nombre 3. Tout ce

ce qu'on peut observer, est de ne point poser un nombre déterminé pour un nombre inconnu: car il arriveroit souvent que ce seroit une fausse position, par laquelle on ne pourroit résoudre le problême; au lieu que posant des lettres, on ne pose jamais rien de faux.

On voit dans *Diophante* & dans d'autres Auteurs, beaucoup d'exemples de ces fausses positions, qui ne sont pas pourtant inutiles; car elles leur servent ensuite à connoître quels nombres ou lettres ils doivent poser dans la seconde opération. On peut remarquer aussi que la premiére maniére du second problême ci-dessus, où l'on a posé 4 pour un nombre inconnu, donne une solution plus courte & plus aisée que la deuxième manière, où l'on a posé A & B pour les deux nombres; mais cette dernière est plus belle, & donne une solution universelle.

Il y a un défaut en cette méthode, qui est qu'on ne sçait pas bien quand il faut multiplier ou diviser les grandeurs, ni par quelle quantité on les doit multiplier ou diviser, & que ce n'est que par conjecture qu'on le découvre; mais l'usage facilite ces opérations, & l'on rencontre assez souvent la plus courte voie.

Il est à remarquer que la plûpart des opérations de l'Algébre sont fondées sur des propositions de Géométrie & d'Arithmétique; & que par conséquent on ne peut pas démontrer par ces opérations, les mêmes propositions qui leur ont servi de preuve, car on contreviendroit au principe 8. En voici un exemple. On trouve par le calcul de l'Algébre, que le quarré de A—B est $A^2 + B^2 - 2 AB$, & l'on prend dans ce calcul B^2 pour le produit de —B par —B, c'est-à-dire, de moins B par moins B; ce qui est fort surprenant; car il paroît d'abord que ce produit devroit être plûtôt $-B^2$ que $+B^2$. Quelques-uns disent que cela procéde de ce que deux négations valent une affirmation; mais c'est une régle de Grammaire, qui est même fausse dans la Grammaire françoise; & dans ce calcul on ne nie point, mais on multiplie. D'autres disent, que moins moins vaut autant que plus plus; ce qui est inconcevable, bien loin d'être clair & évident. Il est donc nécessaire de prouver la bonté de cette opération, puisqu'elle ne s'établit pas d'elle-même. La preuve s'en fait par la septième du second des *Elémens* d'*Euclide*, où il est démontré que si une ligne est divisée en deux parties, le quarré de la ligne entière, plus le quarré d'une des parties, est égal au quarré de l'autre partie, plus deux fois le rectangle de la toute par la partie premièrement prise: car il est facile de connoître par cette proposition, que si A est la ligne entière, & B une de ses parties, le quarré de l'autre partie qui est A—B, sera égal au quarré de la toute A, moins deux fois AB, plus le quarré de l'autre partie B; & que c'est la raison pour laquelle il faut prendre B^2 pour le produit de —B par —B; car en ôtant deux fois AB du quarré de A, ce qui reste, est moindre que le quarré de A—B, & la différence est le quarré de B, lequel par conséquent y doit être ajoûté; d'où il est évident qu'on ne doit

doit pas entreprendre de prouver par ce calcul cette même proposition septième, puisque c'est par elle qu'on a établi la bonté de ce calcul.

Lorsque les problêmes, tant de Géométrie que d'Arithmétique, sont fort difficiles ; on emploïe encore d'autres notes & d'autres opérations beaucoup plus malaisées à comprendre que celles dont on a donné des exemples ; & l'on a beaucoup plus de peine à trouver les égalitez, & à les résoudre. On en pourra voir des exemples dans plusieurs livres qui traitent de cette Analyse algébrique ; mais les difficultez qu'on trouvera à bien apprendre toutes les régles de cette méthode, pourront faire douter si l'utilité n'est pas moindre que la peine, du moins dans les questions très-difficiles, qui sont ordinairement les plus inutiles.

Pour les autres propositions intellectuelles, qu'on appelle surnaturelles ou de Métaphysique, il est difficile d'y raisonner : car nous connoissons peu de principes qui y puissent servir, & nous ne pouvons former une idée exacte de l'infini, de l'éternité, &c. mais seulement par quelque rapport aux choses sensibles & finies ; & tout ce qu'on y peut observer, est de prendre garde que ce qu'on en dira, n'ait point de connexité avec des faussetez premières.

ARTICLE II.

De la façon de trouver les principes pour les Propositions sensibles.

Le premier principe & le plus universel pour les choses sensibles est la seconde demande : car si l'on refuse de l'accorder, on ne peut plus rien assûrer de ce qui tombe sous nos sens ; & ce seroit en vain qu'on chercheroit les causes des choses naturelles, & les principes pour les prouver, si on croïoit qu'il n'y eût aucune chose naturelle. On a fait une demande de cette proposition, suivant la régle expliquée en l'Article précédent ; parce qu'il est impossible ou très-difficile de la démontrer, & parce que quelques Philosophes ont fait profession d'en douter. Les causes de leurs doutes étoient que lorsque nous dormons, il nous paroît souvent que nous faisons quelques actions, & que nous voïons beaucoup de choses différentes entr'elles, de la même manière que quand nous sommes éveillés : d'où ils concluoient que, puisqu'on ne peut être assûré s'il y a des objets réels dans quelques-unes de ces apparences plûtôt que dans les autres, & que ces apparences étant souvent contraires les unes aux autres, il y en a quelques-unes nécessairement fausses ; il étoit impossible d'être assûré qu'il y en eût aucunes de véritables.

La difficulté ou impossibilité de démontrer cette seconde demande procéde de ce que les principes sensibles n'y peuvent servir, puisqu'elle-

même est nécessaire pour les établir: & de ce qu'on ne peut énoncer les principes intellectuels, comme, *le tout est plus grand qu'une de ses parties*, sans qu'on la suppose; puisqu'on ne doit parler affirmativement ni de tout, ni de parties, ni de grandeur, s'il n'y a aucune réalité dans tout ce qui nous paroît. C'est pourquoi, si un esprit contentieux soûtient que toutes nos apparences n'ont point d'objet réel, que nous n'avons aucun corps, &c. il ne faut plus disputer contre lui: car si même on lui mettoit la main dans le feu, il pourroit dire qu'il auroit l'apparence d'être brûlé, & de souffrir la douleur de la brûlure; mais qu'il n'y auroit aucun objet réel de ces apparences. Et quand on lui objecteroit, qu'en soûtenant que cette demande ne doit pas être accordée, il fait une action, & qu'il croit qu'elle a été écrite ou énoncée par quelqu'un; il pourroit aussi dire qu'il en a eu seulement les apparences. Aussi n'est-ce pas par raisonnement que nous croïons l'existence des choses qui nous paroissent; mais parce que nous sommes naturellement disposés à croire leur existence avec une très-grande certitude, lorsqu'elles nous paroissent, comme il a été dit en la soixante-huitième proposition: & l'on n'a pas raison de conclure que toutes nos apparences soient fausses, parce qu'il y en a quelques-unes de fausses; mais on doit plûtôt dire, que nous n'aurions pas ces fausses apparences, si nous n'avions pas eu auparavant de véritables perceptions de quelques choses réelles & réellement existentes, dont l'impression se renouvelle quelquefois en nous, en l'absence des objets, & en dormant.

Il n'est pas nécessaire de se mettre en peine de prouver cette seconde demande; puisqu'elle est reçûe naturellement de tous les hommes avec une telle certitude, que ceux-mêmes qui la veulent nier, témoignent, en la niant, qu'ils la croient, tant par l'ardeur de leurs discours, que par d'autres marques qui font connoître qu'ils croient parler & être écoutés.

Il ne faut pas aussi s'étonner de ce qu'en songeant nous croïons que ce qui nous paroît, a une existence réelle; puisque les songes étant une imitation des apparences des choses réelles, il se fait aussi en songeant un mouvement de créance de ces fausses apparences, semblable à celui qu'on a eu des apparences des choses réelles, comme il a été dit en la même proposition soixante-huitième. Enfin, si nous posons pour hypothèse cette succession d'apparences du veiller & du dormir, dont les premières ont des objets presens, & les autres non; nous ne trouvons jamais rien qui contrevienne à cette hypothèse, & par le principe cinquante-troisième, nous la devons recevoir, puisque la posant pour véritable, nous pouvons rendre raison de nos apparences, & même en prévoir la plûpart.

Le second principe qu'il faut recevoir, & sans lequel on ne peut établir les sciences naturelles, est le quarante-troisième: car les principes d'expérience ne peuvent être reçûs, si l'on n'est assûré d'avoir fait

les

les expériences sur lesquelles ils sont fondés; & l'on ne peut être assûré de les avoir faites, si l'on n'a des marques & des régles pour pouvoir faire distinction entre les apparences des songes, & les véritables perceptions des objets.

La régle qu'on donne en ce quarante-troisième principe, pour faire cette distinction, est fondée sur ce que d'ordinaire les apparences que nous avons en songeant, sont incompatibles, & n'ont aucune liaison entr'elles; ce qui fait qu'on les rejette comme fausses, lorsqu'on est éveillé; & les enfans qui au commencement croient leurs songes, cessent de les croire après avoir remarqué plusieurs fois, que leurs apparences sont contraires à celles qu'ils ont étant éveillés, & qu'elles n'ont point de liaison entr'elles-mêmes.

On a mis cette proposition dans le rang de celles qui concernent la vrai-semblance conformément à la proposition trente-sixième, parce qu'on ne peut sçavoir avec une certitude infaillible, s'il n'est pas possible, du moins intellectuellement, que les apparences de quelques-uns de nos songes durent long-tems, & qu'elles aient une parfaite liaison entr'elles: car même nous pouvons songer qu'on nous soûtient que nous dormons, & que nous nous éveillerons bien-tôt, de même qu'on peut nous le soûtenir lorsque nous sommes éveillés; d'où il s'ensuit que si l'on dit à un homme éveillé qu'il est en délire, ou qu'il fait un songe, il ne peut pas prouver avec une certitude invincible qu'il soit éveillé, & qu'il ait l'esprit bien disposé; quoiqu'il le doive croire, si toutes les choses qu'il remarque, sont selon la suite des causes & des effets naturels. Ainsi lorsqu'il est nuit, & qu'il connoît les étoiles, leurs situations & leurs mouvemens, & qu'il voit ces choses de la manière qu'elles doivent être, qu'il voit tous les meubles qui doivent être en une chambre dans leur disposition ordinaire, & ainsi de plusieurs autres objets; il doit croire qu'il est éveillé, & que ces étoiles & meubles sont des choses réelles qui existent véritablement hors de lui; & c'est la plus grande certitude que nous puissions avoir pour les choses sensibles.

Que si un esprit contentieux soûtient que nous devons suspendre notre jugement, & demeurer toûjours dans le doute, puisqu'on n'a pas une conviction entière; on lui répondra que cette incertitude seroit très-incommode, puisqu'il faudroit toûjours combattre notre propre créance, & parler contre notre sentiment naturel: & puisque dans nos songes-mêmes nous ne suspendons pas notre jugement, du moins très-rarement; nous le devons bien moins suspendre, quand nous croïons être éveillés. Aussi n'en peut-il arriver aucun inconvénient; puisque si quelques-unes de ces apparences étoient des songes, nous cesserions de les croire lorsque nous serions éveillés, & nous ne nous en servirions point pour établir les sciences.

Nous avons encore une marque très-considérable pour distinguer suffisamment les apparences des songes, de celles que nous avons étant éveil-

éveillés ; qui eſt, qu'en nous éveillant, nous pouvons faire d'abord réflexion ſur les fauſſes apparences que nous venons d'avoir, & en conſidérer le détail ; mais quand il nous arrive de ſonger pendant la nuit, nous ne repaſſons pas dans notre penſée, ou du moins très-rarement, le détail de ce qui nous a paru tout le jour, juſques au moment que nous nous ſommes endormis : & par cette différence, nous devons juger que nous ſommes véritablement éveillés, quand nous pouvons faire réflexion ſur le détail de ce qui nous a paru pendant le tems de cinq ou ſix jours de ſuite.

La ſeconde demande & le quarante-troiſiéme principe étant accordés, il faut conſidérer ſi les propoſitions ſenſibles ſont des véritez premières ſenſibles, ou non. Si elles ſont des véritez premières ſenſibles, on les reçoit ſans difficulté, ſelon les principes 13, 14, 15 ; comme, la propoſition, *le feu eſt chaud*, ſera reçûe pour vraie par ceux qui le touchent, dans le ſens du principe quatorziéme. Mais ſi la ſubſtance ou la qualité ne tombe pas ſous les ſens, on tâchera de la prouver par induction, c'eſt-à-dire, en la faiſant tomber ſous les ſens, ſelon le principe neuviéme ; car par ce moïen, on fait que la queſtion propoſée devient vérité première ſenſible, & il ne faut point chercher d'autres principes pour la prouver. Que ſi la queſtion eſt du nom, comme, ſçavoir ſi l'effet que le feu fait en nous, s'appelle chaleur ; la définition ſera le principe ; & le premier principe ſera de le demander aux autres hommes qui parlent ce langage ; ce qui eſt auſſi une preuve par induction ; & il ſuffira que pluſieurs l'aſſûrent, & qu'aucun ne le contrediſe. Que ſi l'on ne peut pas prouver une propoſition ſenſible douteuſe par induction, il faut chercher des principes qui puiſſent ſervir à ſa preuve ; mais on ne peut donner des régles certaines & infaillibles pour les trouver. Voici une méthode dont on pourra ſe ſervir :

Si la queſtion ſe fait pour l'exécution de quelque choſe qu'on ne puiſſe différer, on pourra ſe contenter des principes de vrai-ſemblance, depuis le quarante-troiſiéme juſques au cinquante-troiſiéme. Car, par exemple, il ne faut pas attendre qu'on ait décidé avec exactitude, lequel eſt le meilleur de tous les remédes pour un malade qu'il faut promptement guérir, avant que de lui en appliquer un ; parce que le mal pourroit s'augmenter pendant la diſpute, & l'on contreviendroit au principe quatre-vingt-neuviéme. Mais, lorſqu'on veut établir un ſcience, comme la Médecine, la Muſique, &c. il faut que les principes dont on veut ſe ſervir, aïent une entière certitude, du moins une très-grande vrai-ſemblance.

Les propoſitions qui peuvent ſervir de principes dans les choſes ſenſibles, ſont intellectuelles ou ſenſibles.

Les propoſitions intellectuelles ſervent à la preuve des ſenſibles, en les ajuſtant à la matière par un retour, comme on a formé les objets intellectuels par abſtraction. Ainſi, pour rendre raiſon des effets de la

vûë

vûë & de la lumière, on prend pour principes les propositions de Géométrie concernant les angles, les cercles, les sphéres, les sections coniques, & les autres figures, selon qu'on juge qu'elles y peuvent servir. Comme, pour prouver pourquoi dans les miroirs plans l'image paroît aussi enfoncée dans le miroir que l'objet en est eloigné; on pourra décrire une figure, en laquelle une ligne comme AB représentera le miroir, & C & G les deux yeux. Après, on examinera la question par les maximes naturelles connues, comme, *l'angle de réflexion des rayons est égal à celui de leur incidence*: & supposant des angles égaux au point E, sçavoir DEA, CEB, & DHA, GHB, au point H; on pourra voir que le rayon DE se réfléchira en EC, & le rayon DH en HG. Ensuite par le moïen de quelques autres maximes naturelles, ou principes d'expérience, si on les sçait, on pourra connoître que l'objet D paroîtra à l'œil qui est en C, dans la ligne CEF, & à l'autre œil qui est en G dans la ligne GHF; & par conséquent qu'il paroîtra au point F où ces lignes se coupent. Et si l'on a appris les premières propositions de Géométrie, on sçaura, en tirant DAF perpendiculaire à EA, que AF est égale à DA; & l'on jugera que l'on pourra se servir de ces principes de Géométrie & d'Optique, &c. pour le prouver, & que sans ces principes on n'en pourroit faire la preuve, ni rendre raison de cette apparence. On fera de même à l'égard de plusieurs autres propositions sensibles douteuses. TAB. XXV. Fig. 6.

Les principes sensibles pour prouver les questions naturelles sont les maximes naturelles fondées sur les expériences ou véritez premières sensibles, selon les principes 11, 12, 18, 49 & 50: comme, *Les poids égaux en distances inégales pésent inégalement*: *Les rayons qui passent obliquement d'un milieu transparent, en un autre de différente transparence, font une inflexion, & ne vont plus selon les mêmes lignes droites*: *L'angle de réflexion des rayons est égal à celui de leur incidence*: *La lumière s'étend en lignes droites par un même milieu transparent*. Plus on sçaura de ces maximes, plus on sera capable de rendre raison des effets naturelles.

Pour parvenir à la connoissance de ces maximes naturelles ou principes d'expérience, il faut faire plusieurs observations exactes: comme, pour les pesanteurs, on suspendra quelque corps à un fil en diverses positions, & si l'on remarque à peu près que la rectitude du fil, tirant au centre de la terre, passe toûjours par un même point, on pourra nommer ce point centre de pesanteur, & inférer suivant la proposition dix-huitième, (qu'on suppose en tous les principes d'expérience,) qu'il y a un tel centre en chaque corps; ce que l'on prouvera, si l'on peut, par d'autres principes; & ainsi l'on trouvera les autres maximes naturelles, telles que sont les suivantes.

MAXI-

MAXIMES OU REGLES NATURELLES, OU PRINCIPES D'EXPE'RIENCE.

La nature ne fait rien de rien, & la matière ne se perd point.

Il n'est point de matière sans quelques qualitez apparentes ou réelles.

La vûë se fait selon des lignes droites.

Le fer se meut vers l'aimant.

L'air se dilate par la chaleur, & se presse par la diminution de la chaleur, & par violence.

Le frottement ou froissement des corps solides les échauffe.

Les rayons lumineux, pénétrant obliquement de l'air dans l'eau ou dans le verre, prennent diverses couleurs.

Quoiqu'on ne sache pas les causes de ces effets, on ne laissera pas de se servir de ces propositions pour en prouver d'autres, & de les prendre pour principes, jusques à ce qu'on en ait découvert les véritables causes, selon les propositions 49 & 50: mais il faut que ces véritables causes soient parfaitement prouvées, autrement on ne doit pas les recevoir. Il faut aussi remarquer qu'on ne peut prouver un effet naturel par les seuls principes intellectuels, si ce n'est lorsque tout est égal de part & d'autre; car en ce cas l'expérience n'est pas nécessaire: comme, cette demande d'Archiméde, *les poids égaux en distances égales pésent également*, peut passer pour un principe intellectuel; car où prendroit-on l'inégalité, & d'où pourroit-elle proceder, puisque tout est pareil de part & d'autre? Mais cette autre demande, *les poids égaux en distances inégales pésent inégalement*, a besoin d'expérience.

Pour les problêmes des choses naturelles & sensibles; comme *élever un arbre*, *conserver les fruits*, *faire discerner un objet de fort loin*, *trouver la distance d'un objet inaccessible*; on se sert des théorêmes ou des problêmes de Mathématique, & des maximes naturelles qui nous peuvent faire connoître les causes & les effets qu'on nous demande. Comme, pour parvenir à l'exécution de ce problême, *discerner un objet de fort loin*; on pourra juger que les objets sont discernés, quand ils portent beaucoup de lumière à l'œil, & que leur image est grande sur les nerfs de la vûë: il faut donc chercher à amplifier l'image de l'objet; ce que l'on pourra faire, si l'on sçait les principes de l'Optique, & les propriétez des verres sphériques convexes & concaves. On pourra trouver aussi par les mêmes principes, les moyens d'augmenter dans l'œil la lumière d'un objet éloigné; ce qui servira à l'exécution de ce problême. De même, pour ce problême, *mesurer la continence d'un espace superficiel de terre*, on applique les principes de Géométrie sensiblement, en faisant des angles avec des instrumens de bois ou de cuivre, en tirant des lignes droites, soit avec un cordeau ou autrement; & ajustant les véritez in-

intellectuelles à la matière & aux sens, le plus exactement qu'il sera possible, on pourra satisfaire suffisamment à ce problême, & de même à l'égard de plusieurs autres.

La plûpart des questions sensibles & naturelles, & les plus ordinaires sont; *si une chose est; quelle elle est; quelles qualitez elle a; quelles sont ses causes & ses effets; comment elle agit, & reçoit les actions des autres choses?*

Lorsque l'on demande si une chose est, comme, si ce que nous appellons le soleil, est une chose qui existe véritablement; les principes pour le connoître & pour le prouver, sont la troisième demande, & le principe quarante-troisième.

Lorsque l'on demande, si une chose est une telle substance, ou une telle qualité; si la question est du nom, l'on y satisfera suivant les préceptes ci-dessus; si elle est de la chose, on se servira des principes 13, 14 & 15.

On demande quelquefois, ce qu'une chose est en elle-même; mais il est presque toûjours impossible de satisfaire à cette demande. Car, puisque nous ne connoissons les choses naturelles que par les effets qu'elles font en nous, ou sur les autres choses; ou par les effets que nous faisons en elles, ou qui sont faits en elles par d'autres choses; & que les effets ne se font que selon le rapport que les choses ont les unes aux autres: il est évident que nous ne pouvons sçavoir ce qu'elles sont en elles-mêmes, & qu'il suffit de connoître ce qu'elles sont à notre égard, & par rapport aux autres choses.

La question, si une substance a telles qualitez, se peut prouver par les principes 13, 14, 29, 30 & 31: mais il faut prendre garde de ne point confondre les qualitez apparentes avec les réelles. Ainsi, la pesanteur sera prise plûtôt pour un mouvement vers la masse de la terre, ou pour quelque impulsion, que pour une qualité qui soit dans le corps pesant. La lumière sera prise pour un effet que l'œil reçoit du corps lumineux, qui le fait paroître lumineux. L'humidité ou moiteur qu'on donne à l'eau, sera prise pour une viscosité, qui fait qu'elle s'attache aux corps qu'elle touche, d'où ils sont dits être mouillés, c'est-à-dire, pleins d'une partie de l'eau qui s'y est attachée.

La question, pourquoi une chose est, a deux significations: car, ou l'on demande à quoi elle sert, ou quelles sont ses causes agissantes ou efficientes. Dans le premier sens, il faut considérer de quelle utilité est cette chose, & quels effets elle produit dans les choses naturelles: comme, si l'on demandoit pourquoi il fait chaud en Eté; on regardera l'utilité de la chaleur, comme, de meurir les fruits, de faire croître les arbres, &c.

Pour les causes efficientes, leur existence se prouve par leurs effets, & l'existence des effets se prouve par leurs causes; le feu prouve l'existence de la chaleur, & la chaleur l'existence du feu ou du soleil, ou du mouvement, &c. Le principe qu'on y peut emploïer le plus sou-

vent, eſt l'onzième: comme, ſi l'on demande pourquoi il fait chaud en Eté, on pourra remarquer que les rayons du ſoleil ſont plus à plomb, qu'ils paſſent par un moindre eſpace d'air groſſier, & qu'ils demeurent plus long-tems ſur l'horiſon. Les autres principes pour ſatisfaire aux queſtions des cauſes efficientes, ſont les 18, 23, 27, 47, 48 & 49, & les maximes naturelles reçûes ſelon la propoſition 50, telles que ſont celles ci-deſſus.

Il faut prendre garde quand on demande la cauſe d'un effet qui eſt reconnu être la cauſe d'un autre effet, de n'en point donner de cauſes incertaines, comme il a été remarqué dans le principe quarante-neuvième. Ainſi, ſi l'on demande pourquoi la lumière s'étend en lignes droites dans un même milieu; il ſuffira de dire, que c'eſt une loi de la nature que la lumière s'étende en lignes droites par un même milieu transparent: & on la pourra tenir pour une cauſe première naturelle, ſuivant le principe vingt-quatrième, juſques à ce qu'on en découvre une autre dont elle dépende, & par laquelle elle puiſſe être expliquée.

Pour ce qui eſt de ſçavoir comment une choſe agit, & reçoit les actions externes; il faut, par le moïen de ſes diverſes apparences, établir un ſyſtême, ou en faire l'hypothèſe, c'eſt-à-dire, ſuppoſer un état de la choſe, auquel toutes les apparences puiſſent convenir; ou du moins qu'on n'en connoiſſe point qui y répugne, ſuivant le principe cinquante-troiſième: & ces ſyſtêmes ſuppoſés ſerviront auſſi à prouver, au moins vrai-ſemblablement, les cauſes agiſſantes & les effets. Quoiqu'on ne ſoit pas aſſûré de la vérité d'un ſyſtême, on ne laiſſera pas de s'en ſervir, ſi l'on peut expliquer & prévoir par ſon moïen les effets qu'il eſt important de ſçavoir. Ainſi l'on peut ſe ſervir du ſyſtême de *Ptolomée* pour le mouvement des aſtres, ſoit qu'il ſoit vrai ou faux; puiſqu'il nous peut faire prédire les éclipſes du ſoleil & de la lune.

Il y a ſix cauſes principales du peu de progrès qu'on a fait juſques à preſent dans la ſcience des choſes naturelles.

La première eſt, que nos ſens ne nous repréſentent pas les choſes telles qu'elles ſont en elles-mêmes; mais telles qu'elles ſont à notre égard, ſuivant le principe vingt-cinquième. Par cette raiſon l'on ne peut établir par l'attouchement les limites de ce qu'on doit appeller chaud ou froid; & l'on ſe trompe en jugeant que les caves profondes ſont plus chaudes en Hiver qu'en Eté. On peut même croire qu'il y a pluſieurs qualitez dans les ſubſtances naturelles que nous ne pouvons connoître, parce qu'elles n'ont point de rapport à aucun de nos ſens.

La ſeconde eſt, que la plûpart des Sçavans ſont prévenus de pluſieurs fauſſes opinions qu'ils ont reçûës des autres, ou qu'ils ont fondées ſur de fauſſes apparences, ou ſur de faux raiſonnemens. Celui qui a dit ou qui a écrit ſes ſentimens ſur quelques points de la Phyſique, ſera rarement de bonne foi les expériences qui paroîtront contraires à ce qu'il

aura soûtenu; & il tâchera de faire convenir à ses hypothèses tous les effets qu'il découvrira. Celui qui croit qu'un Auteur a mieux expliqué que les autres quelques effets particuliers, en tire d'ordinaire cette conséquence, qu'il explique mieux que les autres, tous les autres effets.

La troisième est, que plusieurs Philosophes s'attachent avec un grand soin à chercher les causes des principes d'expérience, quoiqu'ils soient suffisans pour expliquer beaucoup d'effets naturels selon la proposition quarante-neuvième; au lieu d'en tirer plusieurs belles conséquences, & d'imiter en cela les Géométres, qui ne cherchent point à prouver les premiers principes dont ils se servent, mais qui s'attachent à en tirer toûjours de nouvelles conséquences.

La quatrième est, que lorsque quelqu'un veut prouver par écrit quelques propositions touchant les causes de quelques effets, il ne peut faire voir sur le papier les expériences sur lesquelles il a fondé ses raisonnemens; & même ces expériences sont souvent très-difficiles, tant pour la dépense, que pour le travail & l'exactitude; ce qui est cause qu'on néglige de les faire pour s'en assûrer; & qu'ensuite on les nie témérairement, ou bien on les reçoit mal à propos.

La cinquième est, que la plûpart des Philosophes veulent rendre raison de tout, & que sans examiner toutes les apparences, & faire les expériences nécessaires, ils fondent témérairement leurs hypothèses sur les premiers effets qu'ils apperçoivent; d'où il arrive que la plûpart de ces hypothèses étant insuffisantes, ils tâchent vainement d'expliquer par elles les autres effets qui ont quelque rapport à ces premiers.

La sixième est, que pour rendre raison des choses naturelles, on se contente souvent d'en chercher une seule cause; & toutesfois, pour l'ordinaire, il y en a plusieurs qui concourent à la production d'un effet, & y contribuent diversement; d'où il suit qu'il est impossible de bien expliquer la plûpart des effets, puisqu'on ignore la plûpart de leurs causes; & qu'il est difficile de ne les pas ignorer, puisqu'on ne les cherche point. Ainsi quelques Philosophes se sont contentés, pour expliquer les mouvemens qui arrivent aux corps durs égaux ou inégaux, après s'être choqués avec des vitesses égales ou inégales, de poser pour hypothèse, que la quantité de mouvement ne s'augmente point, & ne se diminue point dans la nature. Or pour faire voir l'insuffisance de cette hypothèse, & pour donner en même tems un modéle de ce qu'il faut observer, pour rechercher & pouvoir découvrir ensuite les différentes causes des effets naturels; on pourra se servir de l'exemple suivant.

Exemple de ce qu'il faut observer pour la recherche des Causes naturelles.

ON reconnoît par l'expérience, que si on prend deux boules d'yvoire, dont l'une pése trois fois autant que l'autre, & qu'on les suspende à deux filets de même longueur, en sorte que leurs centres étant à même hauteur, elles se touchent sans s'appuïer l'une sur l'autre; & qu'aiant élevé la moindre à une certaine hauteur, comme, par exemple, à un arc de cercle de vingt degrez, on la laisse aller contre l'autre directement; la plus grosse après le choc s'élévera à la hauteur de dix degrez à peu près, & la petite retournera en arrière à une pareille hauteur de dix degrez: & si étant toutes deux à une hauteur de dix degrez, on les laisse aller en même tems l'une contre l'autre, en sorte qu'elles se choquent directement avec des vitesses égales; la plus grosse demeurera en repos après le choc, & la petite retournera en arrière jusques à la hauteur de vingt degrez à peu près. On demande pourquoi ces mouvemens se font de cette sorte, & comment on peut les expliquer?

Pour y parvenir, il faut commencer par plusieurs expériences sur des boules molles de terre glaise, de mêmes poids, & de poids différens; & on pourra remarquer que leur enfoncement sera égal, soit qu'elles se rencontrent après avoir été élevées toutes deux de part & d'autre à la hauteur de dix degrez, ou qu'une seule ait été élevée à vingt degrez: & si on sçait ce que *Galilée* a écrit sur le mouvement accéléré des corps qui tombent, & qu'ensuite on ait connu que la vitesse qu'un corps acquiert en tombant par un arc de 20 degrez, est double, à fort peu près, de la vitesse qu'il acquiert en tombant par un arc de dix degrez; on pourra juger *qu'il se fait un même effort, soit qu'un corps avec une certaine vitesse en rencontre un autre directement, soit qu'ils se rencontrent aiant chacun la moitié de cette vitesse*; ce qu'on pourra prendre pour un principe d'expérience, ou loi de nature.

On pourra aussi remarquer deux autres principes, en faisant plusieurs autres expériences avec ces boules molles: sçavoir, que *lorsqu'un corps en rencontre directement un autre en repos, & se joint à lui; la même quantité de mouvement qu'avoit le premier, est dans les deux corps après le choc*: & que *s'ils vont l'un contre l'autre, & que leurs quantitez de mouvement soient inégales; la moindre se perdra entièrement, & il s'en perdra autant de l'autre, & les deux corps n'auront ensemble que la quantité de mouvement restante.* Mais il faudra avoir défini auparavant que la quantité de mouvement d'un corps est le produit du nombre qui exprime son poids, par le nombre qui exprime sa vitesse.

Après

Après avoir bien examiné la vérité de ces trois principes, il faudra ensuite reconnoître que les corps durs, comme l'yvoire, le marbe, le jaspe, le verre, &c. ont une vertu de ressort, comme les ballons pleins d'air bien pressé, c'est-à-dire, qu'ils s'enfoncent un peu par le choc, & qu'ils reprennent ensuite leur première figure, & qu'en la reprenant, ils se repoussent l'un l'autre; ce qu'on pourra juger en laissant tomber d'environ un pied de hauteur une petite boule de jaspe ou d'acier sur une enclume, ou sur une raquette bien affermie sur une table ou sur un plancher; car on verra remonter la petite boule à la même hauteur à peu près. D'où l'on pourra tirer ce quatrième principe, que *lorsqu'un corps inébranlable, & aiant ressort, a été enfoncé par le choc d'un autre, il repousse ce corps par la vertu de son ressort, & lui redonne une vitesse pareille à celle qu'il avoit immédiatement avant le choc.* On pourra encore frotter légérement avec quelque graisse, une petite enclume bien polie & bien trempée, & après l'avoir un peu essuïée avec la main, laisser tomber dessus, de diverses hauteurs, une boule d'yvoire d'environ un pouce & demi de diamétre: car on verra sur l'enclume de petites marques rondes qui paroîtront au grand jour, dont les unes seront plus larges que les autres; comme, si on laisse tomber cette boule de quatre ou cinq pieds de hauteur, la marque aura environ trois lignes de diamétre; & si elle tombe de trois ou quatre pouces, elle n'aura pas une ligne de diamétre; ce qui fait voir que la boule s'applatit diversement comme un ballon, & qu'elle reprend ensuite sa première figure, puisqu'elle demeure ronde, & sans enfoncement après le choc; d'où l'on pourra juger que deux boules d'yvoire ou de verre, &c. s'enfoncent l'une l'autre en se choquant, & qu'elles se repoussent ensuite par leur vertu de ressort.

On pourra encore par le moïen de ce quatrième principe en découvrir un cinquième: sçavoir, que *lorsque deux corps se sont mis en ressort en se choquant avec de certaines vitesses, ils prennent en se séparant, chacun une partie de la somme de ces vitesses en proportion réciproque de leurs poids*; c'est-à-dire, que si l'un pése trois fois plus que l'autre, en se séparant par l'action de leurs ressorts, le moindre prendra un vitesse triple de celle que prendra le plus pesant.

Tous ces principes étant bien établis par plusieurs expériences, tant sur les corps à ressort ferme, que sur les autres qui l'ont foible & visible, comme les ballons, &c. sans qu'aucune y soit contraire; on pourra juger qu'ils pourront servir à expliquer les effets des boules d'yvoire, dont l'une a son poids triple du poids de l'autre: sçavoir, que si elles se choquoient l'une l'autre avec une vitesse de dix degrez, sans considérer leur vertu de ressort; la plus grande auroit trente de quantité de mouvement avant le choc, sçavoir le produit de trois de poids par dix de vitesse, & la moindre seulement dix; & que par le troisième principe ci-dessus, il ne resteroit dans les deux boules jointes en-

 semble

ſemble après le choc que vingt de quantité de mouvement; & que, par conſéquent, leur viteſſe commune ne ſeroit que de cinq degrez, puiſque le nombre de la ſomme de ces poids eſt quatre, & que vingt eſt le produit de quatre par cinq. On jugera enſuite, qu'à cauſe du reſſort elles doivent ſe repouſſer & s'écarter l'une de l'autre: & que s'étant choquées avec une viteſſe totale de vingt degrez, ſuivant le premier principe ci-deſſus, puiſque chacune avoit une viteſſe de dix degrez; la plus peſante en prendra cinq de ces vingt, & la moins peſante quinze, par le cinquième principe ci-deſſus. Et ſi on ſçait les régles des mouvemens composés, on pourra connoître que la plus groſſe, qui ſans le reſſort s'avanceroit avec une viteſſe de cinq degrez, étant repouſſée en arrière par le reſſort avec une pareille viteſſe de cinq degrez, elle doit demeurer en repos, parce que l'un de ces deux mouvemens détruit l'autre; & que la moindre, qui auroit auſſi cinq degrez de viteſſe ſans le reſſort, recevant encore par le reſſort quinze degrez de viteſſe de même part, elle devra aller avec une viteſſe de vingt degrez, par ces mêmes régles des mouvemens compoſés. Que ſi la petite choque l'autre avec une viteſſe de vingt degrez, on pourra juger, que, ſelon le ſecond principe de cet exemple, elles iroient enſemble avec une viteſſe de cinq degrez ſans le reſſort, à cauſe qu'il faudroit qu'elles euſſent enſemble la même quantité de mouvement que la première avoit avant le choc, qui étoit vingt, produit de vingt degrez de viteſſe par un de poids, qui eſt auſſi le produit de quatre de poids par cinq de viteſſe. Mais le choc s'étant fait par une viteſſe de vingt degrez, la force de leur reſſort les fera ſéparer, en ſorte que la plus groſſe prendra encore une viteſſe de cinq degrez par le cinquième principe, qui étant jointe à la première de cinq degrez, ſa viteſſe entière devra être de dix degrez: & la petite, qui s'avançoit avec une viteſſe de cinq degrez, étant repouſſée en arrière par le reſſort avec une viteſſe de quinze degrez; il lui doit reſter ſeulement une viteſſe de dix degrez par les régles des mouvemens compoſés. Ainſi l'on pourra connoître, que ces cinq principes, & ceux qui ſervent à expliquer les mouvemens compoſés, pourront ſervir à expliquer ces effets & beaucoup d'autres dans les boules qui ſeront égales en poids & en viteſſes, ou qui auront des proportions différentes tant à l'égard des poids que des viteſſes; qu'on ne peut les bien expliquer ſans avoir la connoiſſance de ces principes; & qu'on ne peut l'acquérir qu'après avoir fait pluſieurs expériences. De-là on pourra juger que l'hypothèſe de la quantité de mouvement qui ne ſe perd point & ne s'augmente point, eſt inſuffiſante pour rendre raiſon de tout ce qui arrive dans le choc des corps, & qu'elle eſt même fauſſe dans les deux expériences ci-deſſus; puiſqu'en la première, la quantité de mouvement diminue de moitié après le choc; & qu'en la deuxième, elle augmente de moitié.

Il faut donc prendre garde de ne point tomber en ces défauts, & particu-

ticulièrement de ne pas prendre de faux principes en cherchant trop curieusement les causes des effets naturels : car enfin, il vaut bien mieux se contenter d'une belle & ample histoire des principaux effets de la nature, connus par des expériences certaines, quoiqu'on n'en sçache pas toutes les causes, que de perdre son tems à vouloir établir de fausses hypothèses pour tâcher d'expliquer les plus difficiles, comme le ressort des corps, la vertu de l'aimant, &c. & faire ensuite une infinité de faux raisonnemens, qui empêchent l'avancement de la Physique. Ainsi les Médecins pourront se contenter de sçavoir qu'un tel reméde est propre à guérir d'un tel mal ; ou du moins qu'un tel reméde venu d'un tel païs guérir ordinairement d'un tel mal un homme d'un tel tempérament. Mais il faut avoir une connoissance exacte de ces expériences, & les avoir trouvé très-souvent véritables à point nommé : c'est ce qu'on pourra appeller Médecine expérimentale, & dont on pourra se servir jusques à ce qu'on ait découvert les véritables causes des maladies & des effets des remédes ; mais on n'a pas droit d'appeller Médecine méthodique & fondée sur le raisonnement, celle qui est appuïée sur de faux principes, & sur une longue suite de conséquences tirées de ces faux principes. Suivant donc cette méthode, on fera plusieurs diverses expériences, & on en examinera exactement toutes les apparences, pour ne point établir une fausse hypothèse, ou pour corriger celles qui sont reçûes pour vraies, si elles ne le sont pas. Ainsi, pour établir une hypothèse assûrée, qui pût servir à rendre raison des vents, & à les prédire ; il faudroit que diverses personnes en diverses Provinces, peu & beaucoup éloignées, eussent fait des observations en même tems, pour connoître où ils commencent, & où ils finissent ; si un même vent règne en même tems en toute la surface de la Zone torride, ou non ; si un vent Nord & Sud continue cette route par un long espace, & de quelle largeur est cet espace, &c. desquelles observations on examinera la vérité par les propositions 51 & 52.

De même, pour trouver la cause du flux & du reflux de la mer, il faudroit avoir l'histoire de plusieurs observations exactement faites en diverses côtes, pour sçavoir s'il se fait en même tems aux côtes opposées de l'*Afrique* & de l'*Amérique*, ou successivement ; si aux côtes qui sont de part & d'autre de l'Isthme de *Panama*, la mer s'éléve à la même heure, ou non ; si elle s'éléve plus auprès des Poles, qu'auprès de la ligne Equinoxiale ; si le cours des marées, qui vont de l'Orient à l'Occident proche les Isles des *Antilles*, ne procéde pas de la réflexion que les eaux font contre les côtes de l'*Afrique*, passant de la mer du Sud en la mer du Nord, &c. Mais, il faut un grand nombre de ces observations ; & deux ou trois ne suffisent pas pour fonder une hypothèse, & pour la faire recevoir, notamment lorsqu'il n'y a aucune analogie, ou aucune autre marque d'une chose semblable dans la nature.

Pour

Pour ſçavoir ſi c'eſt le poids de l'air qui fait qu'on a peine à ſéparer deux ſurfaces de marbre ou de verre planes & polies, qui ſe touchent exactement; ou ſi c'eſt un mouvement, ou pente naturelle qu'ont tous les corps ſublunaires de ſe tenir joints les uns aux autres; ou quelque autre cauſe: on pourra ſuſpendre ſous un grand verre cylindrique renverſé deux petits miroirs d'acier ainſi joints, & aiant ôté à peu près tout l'air qui eſt ſous le verre par le moïen de la machine qu'on appelle machine pour faire le vuide; ſi les miroirs ſe ſéparent auſſi difficilement dans cet air dilaté que dans l'air ordinaire, on n'attribuera pas au ſeul poids de l'air ou à ſon reſſort, cette jonction de ces ſurfaces de marbre.

Pour bien parler des métaux, des minéraux & des autres mixtes de la terre, il faut faire auſſi pluſieurs expériences, en les fondant, calcinant, diſtillant, &c. ſur leſquelles expériences on pourra établir des hypothèſes & des principes, ou loix de la nature, qui pourront ſervir à expliquer leurs effets & leurs cauſes, &c. On en uſera auſſi de même pour chercher les cauſes de la grêle, de la pluie, du tonnerre, & des autres effets ſemblables.

Pour ſçavoir les raiſons pourquoi beaucoup de fleurs, comme les tulippes, le ſouci, &c. ſe tournent vers le ſoleil; on pourra remarquer que ce qui eſt échauffé, ſe deſſeiche, & enſuite ſe retrécit; & ſuppoſant la figure ABCD pour la tige de la fleur, on jugera que la partie BD étant échauffée, elle ſe doit retrécir comme en EF. Or ſi la tige demeuroit droite, il faudroit que AB s'allongeât comme en AE, & CD en CF; ce qui ſeroit fort difficile, & feroit rompre ou ſéparer les fibres de la tige. Il reſte donc que la tige ſe courbe en circonférence, comme en la figure *abcd*; car en ce cas, BD pourra être moindre que AC ſans un grand effort, & ſans que AB & CD s'allongent, puiſque les circonférences des cercles intérieurs ſont moindres que celles des extérieurs qui ont un même centre: & ceux qui ſçauront cette raiſon, la pourront donner, & confirmer cette hypothèſe par l'expérience de beaucoup de choſes qu'on approche du feu, qui ſe courbent du côté qu'elles ſont échauffées.

TAB. XXV. Fig. 7.

Si on demande pourquoi le bleu & le verd ſont difficiles à diſcerner de nuit à la chandelle; on pourra remarquer, que lorſqu'un Peintre mêle du bleu avec du jaune, il s'en fait une couleur verte; & enſuite on pourra tirer la conſéquence, que la flamme de la chandelle étant jaunâtre, & mêlant la couleur de ſa lumière avec celle de l'objet qui paroît bleu de jour, il paroîtra verd la nuit à cette flamme: comme auſſi, ſi on regarde une fleur jaune à une lumière bleue, telle que celle du ſoufre, ou de l'eſprit de vin; elle paroîtra verte. On pourra même tirer des conſéquences d'une choſe à une autre à peu près ſemblable, ſuivant le principe quarante-ſeptième: comme, ſi on a remarqué qu'un arbre aiant perdu une partie de ſon écorce par où coule

la féve qui le nourrit, se recouvre plûtôt, & se rétablit en moins de tems, lorsqu'on met de la bonne terre près de ces racines, & qu'on l'arrose souvent; on pourra tirer cette conséquence, que pour guérir promptement un homme blessé, il ne faut pas lui soustraire les alimens, & le faire jeûner.

Il est bon de remarquer, que dans les sciences qui sont mêlées de Mathématique & de Physique, comme l'Optique, la Méchanique, &c. on doit toûjours se servir de quelques principes d'expérience. Ainsi dans l'Optique, il faut nécessairement emploïer ces trois principes d'expérience: sçavoir; *que les rayons de lumière s'étendent en lignes droites par un même milieu; que passant d'un milieu en un autre de différente transparence, ils se rompent; & que l'angle de leur réflexion sur une surface polie est égal à celui de leur incidence.* Mais ceux qui voudront entreprendre de rendre raison des effets naturels, sans faire auparavant plusieurs expériences, ou sans avoir appris celles des autres, & avoir remarqué par ce moïen plusieurs régles de la nature, tomberont souvent en erreur, ou en l'impossibilité de bien expliquer ces effets: au lieu que ceux qui sçauront beaucoup de ces principes, parviendront souvent à la connoissance de beaucoup de véritez obscures & difficiles, & en tireront des conséquences pour l'exécution de plusieurs problêmes très-utiles.

ARTICLE III.

Des Principes des Propositions morales.

IL y a des principes de diverses sortes qui peuvent servir à la preuve des propositions morales; car les véritez intellectuelles & les sensibles y peuvent être emploïées: comme, lorsqu'il s'agit de faire le choix entre deux biens, & qu'on veut connoître si les possibilitez de l'un surpassent les possibilitez de l'autre, &c. il faut nécessairement se servir des régles de la science des nombres; & si l'on veut sçavoir ce que le cœur & le cerveau contribuent aux passions & aux mœurs des hommes, il faut avoir une connoissance exacte de la structure, & des fonctions de ces parties.

Les principes qui concernent particulièrement la Morale, sont de deux sortes. Les uns prescrivent ce qu'on doit faire; comme,

Il ne faut pas faire à autrui, ce que nous ne voudrions pas qu'on nous fît.

Il faut donner un droit égal à ceux qui sont égaux.

Il faut établir les loix pour l'utilité de ceux qui s'en doivent servir.

Les autres ont pour sujet les mœurs & les inclinations des hommes; comme,

Nous sommes curieux d'apprendre ce que nous ignorons.

Nous haïssons ceux qui nous contredisent.

Les plus forts usent le moins de précaution.

Ceux de la première sorte ont pour principe général cette proposition, *Il faut faire ce qui est le mieux*; & l'on prouve qu'une chose est meilleure qu'une autre, lorsqu'on fait voir qu'il en arrive plus de bien, & moins de mal; de laquelle preuve on pourra trouver les principes en examinant & considérant les liaisons & conséquences des choses que l'on compare ensemble, & on les examinera par le principe 96, &c. & par la définition qui le précéde.

Les principes de la seconde sorte se prouvent par induction & expérience. Mais on trouve quelquefois des expériences contraires; ainsi il peut arriver qu'on ne se soucie pas d'apprendre quelque chose particulière qu'on ignore & qu'un plus fort use de précaution.

On peut mettre au nombre de ces deux sortes de principes, la plûpart des proverbes, entre lesquels on en pourra aussi trouver qui seront opposés l'un à l'autre, à cause des diverses conjonctures, & des différentes suites des biens & des maux.

On se sert de ces principes, ou pour régler la conduite de chaque Particulier, & alors on les appelle principes de Morale; ou pour régler ce qui concerne le public, & en ce cas on les appelle principes ou maximes de Politique: mais souvent on confond la signification de ces noms.

Il faut s'étudier à sçavoir beaucoup de ces principes; car ceux qui en sçauront le plus, pourront mieux prouver & prévoir les évènemens, & résoudre les questions de Morale. Ainsi ceux qui sçauront que la plûpart des hommes suivent ordinairement le devoir naturel, & se soucient peu du devoir de convenance, pourront prouver que dans un Etat où il n'y a point de punition établie pour l'injustice des Juges, ils rendront souvent des jugemens injustes, en faisant voir qu'en beaucoup d'occasions il leur paroîtra plus avantageux de juger injustement, que de juger selon les loix établies.

Les mœurs des hommes sont si différentes, & les évènemens des choses sont si incertains, & leurs circonstances si peu semblables, qu'il est presque impossible de pouvoir rien conclure d'assûré dans la plûpart des questions de Morale & de Politique: comme, si ont propose de sçavoir lequel est le meilleur pour appaiser une sédition, d'emploïer la clémence ou la rigueur; on trouvera plusieurs avantages & plusieurs inconvéniens de part & d'autre, qui paroîtront plus ou moins considérables, selon les différens sentimens des personnes qui voudront les examiner; on pourra même ignorer quelques-uns de ces avantages, & de ces inconvéniens: d'où il s'ensuit, qu'on ne pourra se servir avec certitude du principe 96 pour la résolution de cette question, & que tous les raisonnemens qu'on y fera, ne seront que vrai-semblables. On trouvera de semblables difficultez dans beaucoup d'autres questions de cette na-

nature. Et on peut s'étonner avec raiſon de ce que *Socrate* étant rebuté de l'étude des choſes naturelles, crut trouver mieux ſon compte dans l'étude de la Morale, puiſque les concluſions en ſont encore moins certaines ; & que ſi la Phyſique eſt difficile à cauſe qu'il faut ſouvent chercher pluſieurs cauſes pour expliquer un effet naturel, la Morale le doit être encore davantage, par le grand nombre des choſes qu'il faut ſouvent conſidérer pour bien juger de ce que nous devons ſuivre ou éviter.

Voici quelques régles dont on pourra ſe ſervir.

S'il s'agit du choix d'un bien ou d'un mal, on pourra emploïer les principes 83, 84, 85, &c. & l'on examinera la probabilité des évènemens par les 44 & 45, ou par d'autres qu'on jugera pouvoir ſervir, ſoit intellectuels ou d'expérience.

Il faut prendre garde, ſuivant le principe 97, de ne ſe point tromper en conſidérant la grandeur des choſes, au lieu de conſidérer les avantages & les commoditez qui nous en reviennent. Comme, ſi un homme a vingt mille écus de bien, & qu'on lui propoſe de les jouer en un ſeul coup contre 100000 écus ; quelques-uns pourroient croire qu'il auroit de l'avantage à le faire, ſelon la proportion de 5 à 1. Mais en ces cas, il ne faut pas conſidérer la quantité phyſique & réelle des choſes ; mais il les faut conſidérer moralement, c'eſt-à-dire, ſelon la grandeur des avantages, ou des incommoditez que nous en recevons. Or, 20000 écus ſuffiſent pour faire vivre un homme à ſon aiſe, & 100000 écus de plus n'augmentent ſon bonheur, qu'à peu près, comme de 3 à 2 ou de 3 à 1. Mais, s'il perd ſes 20000 écus, il tombe dans la miſére & dans une pauvreté entière ; & la proportion d'avoir du bien ſuffiſamment pour vivre à ſon aiſe, ou de n'avoir rien du tout, eſt une proportion preſque infinie, ou comme 100000 à 1. D'où l'on pourra juger, qu'il ne doit pas jouer ſes 20000 écus contre 100000 en un ſeul coup ; mais bien 20 écus contre 100. On ſe ſervira de ces diverſes régles de proportion, comme de principes certains, pour prouver des cas ſemblables.

La convenance eſt une des cauſes de nos actions, & nous les réglons quelquefois par les ſeuls principes qui en dépendent ; & même nous jugeons preſque toûjours de la bonté des actions d'autrui, & de l'eſtime qu'il en faut faire, par ces ſeuls principes, & rarement par ceux du devoir naturel, quand il n'eſt pas joint à celui de convenance ; à cauſe que nous ne reſſentons pas les plaiſirs que les autres reçoivent d'une action qui leur plaît, & que par cette raiſon nous n'en conſidérons que la difformité ou la convenance. Mais chaque Particulier régle ordinairement ſes actions par le devoir naturel, & il y en a peu à qui la convenance ſeule paroiſſe le plus grand de tous les biens. On pourra emploïer l'une ou l'autre de ces ſortes de principes, ou toutes les deux, ſelon la connoiſſance qu'on aura des inclinations de ceux qu'on veut

persuader: & si on a connu par les histoires ou autrement, que les plus grands maux qui arrivent aux hommes, procédent des violences & des injustices qu'ils se font les uns aux autres; on pourra juger que pour les rendre suffisamment heureux, il faut faire en sorte que le devoir naturel ne puisse être séparé de celui de convenance, ou du moins très-rarement, en établissant des loix qui puissent empêcher par les grandes punitions qu'elles ordonneront, qu'on ne recherche aucun bien de ceux qui ne se peuvent obtenir qu'en faisant un mal considérable à un autre.

Il y a beaucoup de questions de Morale & de Politique, qu'on ne peut résoudre que par une longue suite de propositions prouvées: & alors il faudra suivre la même méthode dont on se sert dans les sciences intellectuelles; c'est-à-dire, qu'il faudra chercher les différens principes qui pourront y servir, & prévoir quelles seront les propositions qu'il faudra prouver avant que de pouvoir résoudre la question; & on mettra ces principes & ces propositions par ordre pour les citer selon cet ordre, quand on voudra faire la preuve.

Pour les problêmes de Morale, qui ne sont autre chose que trouver les moïens pour obtenir quelque bien, ou pour éviter quelque mal, il faut chercher les principes intellectuels & sensibles; & les propositions morales qui y peuvent servir. Mais les évènemens ne peuvent être prouvé infaillibles: car les moindres circonstances différentes les peuvent changer; & dans le détail nous ne pouvons sçavoir que très-difficilement, si ceux à qui nous avons à faire, ont les mœurs semblables à ceux dont nous avons eu la connoissance, soit par nous-mêmes, soit par les histoires. On pourra seulement inférer vrai-semblablement par les actions passées des hommes, ce qu'ils pourront faire en une conjoncture semblable, selon le principe dix-huitième. Que si l'on veut tâcher de déviner le secret d'une action, comme de sçavoir les desseins qu'on a contre nous, &c. il faut supposer un systême, & voir si toutes les apparences y conviennent selon la proposition cinquante-deuxième.

Et généralement en toutes sortes de propositions, soit intellectuelles, sensibles, ou morales, il faut pour trouver les principes & pour les prouver, considérer ce pour quoi, ou par quoi une chose est, ou peut être connue telle qu'on la propose, ou le bien pour lequel elle doit être faite. Ainsi, pour prouver qu'il faut suivre la vertu; il faut chercher quels sont les avantages qu'elle apporte aux hommes; & pour prouver qu'un homme est raisonnable; il faut chercher ce qui le rend raisonnable, ou le fait appeller raisonnable; & ce qu'on aura trouvé servira de terme de connexité, par le moïen duquel on fera la preuve, comme il sera montré dans le troisième Discours.

TROISIÈME DISCOURS,

De la méthode pour faire les Argumens, & les mettre en ordre pour servir à la preuve de quelques propositions douteuses, ou à l'établissement de quelque science.

APrès avoir trouvé les principes & les propositions prouvées, qu'on a jugé pouvoir servir à la preuve des propositions douteuses; on les emploïe pour former les propositions des argumens.

Les argumens sont ordinairement composés de trois propositions, dont la dernière est celle qui est à prouver, qui s'appelle la conclusion; les deux autres sont celles où se trouve le terme moïen, qu'on appelle autrement terme de connexité, qui les lie avec la conclusion.

La proposition dans laquelle le terme de connexité se trouve avec l'attribut de la conclusion, s'appelle la majeure, ou la plus grande proposition de l'argument; & celle où il se trouve avec le sujet de la conclusion, s'appelle la mineure, ou la moindre proposition.

Par exemple, pour faire un argument par lequel on puisse prouver que la science est désirable: aiant trouvé & choisi par les régles contenues dans le second Discours, *l'utilité*, pour être le terme de connexité, parce que c'est une des causes qui doit faire désirer la science; on lui joindra l'attribut de la conclusion pour faire la majeure, en cette sorte, *tout ce qui est utile, est désirable:* ensuite on lui joindra le sujet pour faire la mineure, *la science est utile*; d'où l'on tirera la conclusion, *donc la science est désirable.*

Il est indifférent que la majeure soit énoncée la première; car cet argument qui suit, est aussi bon que l'autre:

La science est utile:
Tout ce qui est utile, est désirable;
Donc la science est désirable.

Même dans l'ardeur du raisonnement, il est plus naturel de faire l'argument en cette dernière manière.

Que si la proposition à prouver est négative, comme, *le vice ne doit pas être aimé*; aiant pris pour terme de connexité, qu'il apporte du *deshonneur*, on fera l'argument en cette sorte:

Ce qui apporte du deshonneur, ne doit pas être aimé:
Le vice apporte du deshonneur;
Donc le vice ne doit pas être aimé.

Lorsque l'une des deux premières propositions, ou toutes les deux ne

ne sont pas des véritez premières; il faut les prouver par d'autres, & celles-ci par d'autres, jusques à ce qu'on soit arrivé aux véritez premières; ou bien commencer par celles qui sont immédiatement comprise sous les véritez premières, & continuer jusques à celles qui sont à prouver.

Quand les principes pour prouver, ne sont que de vrai-semblance, suivant les principes 44, 45, 46, &c. les conséquences ne seront aussi que vrai-semblables; *Aristote* appelle enthymêmes ces argumens de vrai-semblance.

EXEMPLE D'ENTHYMÈME.

Les méres aiment ordinairement leurs enfans:
Celle-ci est mére;
Donc elle aime son enfant.

La plûpart des Logiciens appellent enthymêmes les argumens de deux propositions, parce qu'on donne ordinairement pour exemple d'enthymême cet argument de deux propositions:

Celle-ci est mére;
Donc elle aime son enfant.

Ce n'est pas néanmoins par le nombre des propositions qu'*Aristote* définit l'enthymême, mais par leur probabilité, & lorsqu'elles ne sont fondées que sur des signes.

D'où il s'ensuit, qu'on ne doit pas appeller enthymême cet argument de deux propositions: *ce triangle est isoscéle; donc les deux angles sur sa base sont égaux*; puisque cette conclusion est nécessaire & infaillible.

C'est une chose fort peu utile d'enseigner de combien de sortes d'argumens on peut faire: car cela n'aide de rien à inventer les preuves, n'y à faire de bons argumens; non plus que de sçavoir combien il y a de figures qui servent à orner un discours, ne contribue guéres à l'éloquence d'un Orateur. Voici ce qu'on en peut dire de plus important, & qui a été fondé sur les remarques que quelques-uns ont faites de plusieurs sortes de bons argumens.

Il y à plusieurs figures d'argumens, & plusieurs modes ou façons en chaque figure. Les figures sont distinguées par les diverses situations du terme moïen, ou de connexité, dans les deux premières propositions de l'argument. Si ce terme est le sujet en la majeure, & l'attribut en la mineure; c'est une figure qu'on appellera, si l'on veut, la première, parce que c'est la plus ordinaire.

EXEMPLE.

Tout animal est vivant;

Tout homme eſt animal ;
Donc tout homme eſt vivant.

S'il eſt l'attribut dans les deux premières propoſitions ; ce ſera la ſeconde figure.

EXEMPLE.

Nulle pierre n'eſt ſenſible :
Tout homme eſt ſenſible ;
Donc nul homme n'eſt une pierre.

S'il eſt le ſujet dans l'une & dans l'autre ; ce ſera la troiſième figure.

EXEMPLE.

Les mouches volent :
Les mouches ſont des animaux ſans plumes ;
Donc il y a des animaux ſans plumes qui volent.

Enfin s'il eſt l'attribut en la majeure, & l'attribut en la mineure ; ce ſera la quatrième figure.

EXEMPLE.

Nul eſclave n'eſt libre :
Quelque libre eſt miſérable ;
Donc quelque miſérable n'eſt pas eſclave.

On peut ici remarquer qu'*Ariſtote* & la plûpart de ſes ſectateurs, qui accablent les Lecteurs du grand nombre de leurs régles de Logique, n'ont point parlé de cette quatrième figure.

Pour les modes ou façons de chaque figure, leur diverſité procéde de l'affirmation ou négation, & de l'univerſalité ou particularité des propoſitions de l'argument ; car toute propoſition eſt ou particulière affirmative ou particulière négative, ou univerſelle affirmative ou univerſelle négative ; & dans ce ſens, cet argument de la première figure,

Tout animal eſt vivant :
Tout homme eſt animal ; &c.

eſt d'un autre mode que celui-ci de la même figure,

Nulle choſe ſenſible n'eſt une pierre :
Tout homme eſt ſenſible ;
Donc nul homme n'eſt une pierre.

La plûpart des Logiciens donnent de certaines régles pour ces figures & pour ces modes, comme celles-ci ; que les propoſitions négatives ſe prouvent plus facilement par la ſeconde figure que par les autres ; que dans les argumens de la première figure la mineure ne doit point

être

être négative; que dans ceux de la seconde, l'une des deux premières propositions doit être négative; &c. Mais ces régles ne sont nullement nécessaires, ni pour bien faire les argumens, ni pour prouver leur bonté; ce qui est manifeste; car quand on cherche un terme de connexité pour prouver quelque question, on ne se met point en peine (ou du moins très-rarement) de quelle figure ou de quel mode sera l'argument. On ne peut aussi être assûré de la bonté de ces régles, si elles ne sont prouvées; & cette preuve ne pouvant être faite que par des argumens, il s'ensuit que la bonté des argumens qui prouvent la bonté de ces régles, peut être connue sans elles, puisqu'elles ne sont pas encore établies. Il est vrai qu'après qu'on a fait des argumens de plusieurs sortes, & qu'on a connu leur bonté par la faculté naturelle que nous avons de connoître la connexité des propositions, comme il a été dit dans le principe quatrième; on peut considérer ensuite les différentes manières & propriétez de ces argumens, & les dispositions des termes des propositions, &c. pour en faire des remarques & des régles. Mais la connoissance de ces régles & de leurs démonstrations est une science particulière qu'on peut négliger, non seulement parce qu'elle est très-difficile à apprendre, mais parce qu'elle est inutile pour les autres sciences; étant plus sûr & plus facile de considérer avec un peu d'attention les connexitez des propositions qu'on emploïe à une preuve de Géométrie ou de Physique, que de les examiner par des régles dont on aura peine à se souvenir, & qui d'ordinaire sont inconnues à ceux à qui on parle.

C'est encore une chose fort peu utile, de remarquer toutes les propriétez des propositions & de leurs termes: comme, qu'il y a des propositions nécessaires contingentes, conditionnelles, modales, &c; qu'il y a des termes simples, complexes, connotatifs, &c: car, quelque soin qu'on y apporte, il est presque impossible de remarquer toutes leurs différences; & ces remarques ne font pas qu'on prouve mieux ce qu'on veut prouver, ni qu'on discerne mieux la connexité des propositions: c'est pourquoi on s'est dispensé d'en parler ici, & on a cru que les observations suivantes pourroient suffire.

Il y a de deux sortes de preuves: l'une s'appelle directe, & l'autre indirecte.

La preuve directe montre qu'une proposition est vraie, parce qu'elle est comprise sous des véritez certaines, & a de la connexité avec elles.

La preuve indirecte montre qu'une proposition est vraie, parce que sa contraire ou négative est fausse; ou qu'une proposition est fausse, parce qu'en la supposant vraie, il suit une absurdité, c'est-à-dire, une fausseté évidente: on l'appelle autrement preuve par supposition de faux, ou preuve par l'absurde. La quatrième proposition d'*Euclide* & la cinquième sont prouvées par des preuves directes; la sixième est prou-

prouvée par une preuve indirecte, en ſuppoſant qu'une ligne qui eſt égale à une autre, eſt plus grande, & faiſant voir que de cette ſuppoſition il ſuivroit une fauſſeté première, ſçavoir qu'une partie d'un tout feroit égale à ce tout.

EXEMPLE DE PREUVE DIRECTE.

Un aſtre ne luit pas par ſa propre lumière, lorſqu'un corps opaque étant interpoſé entre lui & le ſoleil, il s'obſcurcit:
La lune s'obſcurcit lorſque la terre eſt interpoſée entre elle & le ſoleil;
Donc la lune ne luit pas par ſa propre lumière.

EXEMPLE DE PREUVE INDIRECTE POUR PROUVER QU'UN HOMME N'EST PAS UNE PIERRE.

Un homme eſt une pierre: (par ſuppoſition.)
Toutes les pierres ſont inſenſibles;
Donc un homme eſt inſenſible; ce qui eſt faux & abſurde; & par conſéquent il eſt vrai qu'un homme n'eſt pas une pierre.

Lorſque les propoſitions douteuſes ſont peu éloignées des principes, la preuve en eſt aſſez facile.

EXEMPLE.

Ce qui a du ſentiment & du mouvement de ſoi-même, eſt vivant:
Un homme a du ſentiment & du mouvement de ſoi-même;
Donc un homme eſt vivant.

Si on nie la majeure, il eſt évident que la queſtion eſt du nom, & que c'eſt la définition qu'on nie, c'eſt-à-dire, que ce qui a du ſentiment & du mouvement de ſoi-même, ne doit pas être appellé vivant; & alors il faut le prouver par induction, en le faiſant dire à pluſieurs hommes; & c'eſt le principe ſenſible de cette définition, comme il a été dit dans le ſecond Diſcours.

Si on nie la mineure, on la prouve encore par induction & expérience, ſelon le principe neuvième, en voïant marcher un homme, & en lui faiſant quelque douleur, dont il paroiſſe avoir le ſentiment. Or ces ſortes de propoſitions, qui ſont immédiatement compriſes ſous leurs principes, ſe peuvent ſouvent prouver par un ſeul argument. Mais, ſi on veut prouver une propoſition éloignée de ſes principes, comme celle-ci, *un homme eſt compoſé des mêmes élémens qu'un arbre*; il en faut beaucoup davantage: & même en quelques propoſitions de Géométrie & d'Arithmétique, quoiqu'elles ſoient immédiatement compriſes ſous leurs principes, ou qu'elles en ſoient peu éloignées, il faut emploïer pluſieurs argumens. Nous prendrons pour exemple la conſtruction

& la preuve du problême du triangle équilatéral; dont l'analyse a été enseignée dans le deuxième Discours.

Construction & Démonstration du triangle équilatéral.

TAB. XXV. Fig. 4. Soit la ligne AB, sur laquelle on doit construire un triangle équilatéral. Du centre A, & de l'intervalle AB, soit décrit le cercle ECBE; & du centre B, & du même intervalle, soit décrit le cercle ACDA, coupant le premier cercle au point C; & soient tirées les lignes droites CA, CB. Je dis que le triangle ACB est équilatéral; c'est-à-dire, que les trois côtez AB, BC, CA, sont égaux entr'eux.

PREMIER ARGUMENT.

Les lignes qui viennent d'un même centre à une même circonférence d'un cercle, sont égales entr'elles:
Les lignes AC, AB, *viennent d'un même centre* A, *à une même circonférence* BCE;
Donc elles sont égales entr'elles.

On fait encore un semblable argument pour prouver que les lignes BC, BA, sont égales entr'elles; ensuite on fait celui-ci:
Les choses égales à une autre, sont égales entr'elles:
Les lignes AC, BC, *sont égales à* AB;
Donc elles sont égales entr'elles.

Il faut encore prouver les propositions des deux premiers argumens, par la définition & par la possibilité de la construction des cercles.

Il faut faire encore cet argument:
Un triangle équilatéral est celui qui a ses trois côtez égaux entr'eux:
Les trois côtez du triangle ABC *sont égaux entr'eux, comme il a été prouvé;*
Donc il est équilatéral.

Il faut encore prouver cette définition par induction, ou de lecture, ou de témoignage de plusieurs Géométres.

Par cet exemple on voit, que puisqu'il faut cinq ou six argumens pour prouver une proposition de Géométrie peu éloignée des principes, il en faudroit un nombre excessif pour prouver les propositions qui en seroient beaucoup éloignées; & que cette méthode de se servir d'argumens complets de trois propositions, pour leur preuve, dans laquelle on est obligé d'user souvent de redites, seroit ennuïeuse & difficile, & seroit de la confusion dans l'esprit. C'est pourquoi les Géométres ont mis en usage une autre méthode plus commode, qui est de faire des raisonnemens continus, sans distinguer les argumens. En voici la manière:

On commence par la preuve des propositions qui sont immédiatement

ment comprises sous les principes, & qu'on prévoit être nécessaires pour la preuve des autres; sans observer exactement que les argumens soient de trois propositions, pourvû qu'on fasse comprendre suffisamment les connexitez. Et ensuite au lieu de répéter les premiers argumens, on allégue seulement les conclusions, c'est-à-dire, les propositions prouvées, lesquelles doivent être mises par ordre pour les citer selon cet ordre. C'est ce qu'on observe dans les démonstrations de Géométrie & d'Arithmétique, & il suffit qu'on se souvienne que les premières ont été bien prouvées, encore qu'on n'en conçoive plus la preuve.

Il vaut mieux commencer par les premières propositions, & continuer jusques à celle qui est à prouver, en citant celles qui sont connues, que de commencer par l'inconnue, & aller de suite en suite jusques aux principes, en citant des propositions inconnues. Voici des exemples de cette méthode.

Preuve de la proposition du Triangle équilatéral par citation.

D'Autant que les lignes A B, A C, sont tirées d'un même centre A, à une même circonférence E C B, elles sont égales par la définition du cercle. Par la même raison BC, B A, seront égales entr'elles. Et parce que A C, CB, sont toutes deux égales à A B, elles seront égales entr'elles, par le principe, *les choses égales à une autre, sont égales entr'elles.* Donc selon la définition du triangle équilatéral, ACB est un triangle équilatéral; ce qui étoit à prouver.

On voit par cette preuve, que la méthode par des raisonnemens continus, en citant les propositions, est beaucoup moins longue que celle par des argumens complets, & que les connexitez en sont aussi faciles à voir.

Les grands Géométres se dispensent souvent de citer les propositions prouvées par *Euclide*, ou par d'autres Auteurs célébres; mais ils les énoncent seulement, lorsqu'ils parlent à d'autres grands Géométres.

Il est à remarquer que quelques Philosophes ont soûtenu qu'on ne pouvoit rien prouver par des argumens, parce que la conclusion étant contenue dans les deux premières propositions, c'étoit une identité de preuve, c'est-à-dire, qu'on prouvoit une proposition par elle-même. Mais on peut répondre que cette identité est toûjours un peu obscure, même dans les démonstrations où il n'y a qu'un argument; & que lorsqu'il y en a plusieurs, ou qu'il y a une longue suite de conséquences continues, on la comprend difficilement. Par exemple, il est assez facile de concevoir que 2 fois 2, & 2 fois 3, font la même chose que 2 fois 5; & que 3 fois 2, & 3 fois 3, font la même chose que 3 fois 5; & que 2 fois 5, & 3 fois 5, font la même chose que 5 fois 5; quoiqu'il y faille un peu d'attention. Mais, la conséquence que 2 fois 2, &

& 2 fois 3, & 3 fois 2, & 3 fois 3, pris ensemble, soient la même chose que 5 fois 5; ou, pour l'exprimer autrement, que si un nombre comme 5 est divisé en deux parties, le quarré du nombre entier est égal aux quarrez des deux parties, & à deux fois leur produit; c'est ce que la plûpart des esprits ont peine à comprendre, & il faut quelque méthode pour y parvenir. Comme, si on nomme 2 fois 2 A, & 2 fois 3 B, égaux ensemble à 2 fois 5; & 3 fois 2 C, & 3 fois 3 D, égaux ensemble à 3 fois 5; on pourra se souvenir que A & B ensemble, & C & D ensembe, ont été prouvés égaux à 2 fois 5, & à 3 fois 5. Si donc on conçoit que 2 fois 5, & 3 fois 5, pris ensemble, soient égaux à 5 fois 5; on pourra aussi concevoir que 5 fois 5 sera égal aux quatre nombres A, B, C, D, pris ensemble: d'où il suit que les argumens sont nécessaires pour les preuves, quoiqu'on sçache les principes sur lesquels on les doit fonder.

Lorsqu'il y a un grand nombre de connexitez à concevoir, il faut de nécessité que la mémoire supplée au défaut de la conception: car nous ne pouvons concevoir en même tems les connexitez de plusieurs propositions de suite, par exemple, celles de toutes les propositions qu'*Archiméde* a emploïées, pour démontrer la proportion de la sphére & du cylindre; mais seulement on peut se souvenir d'avoir trouvé ces propositions véritables les unes après les autres.

Lorsque les propositions sensibles douteuses sont éloignées des principes d'expérience, & des autres propositions qui peuvent servir à les prouver; il faut prouver les dernières par la citation des premières, de la même manière qu'on prouve celles de Géometrie & d'Arithmétique. Mais les expériences sur lesquelles sont fondées les principes ou régles de la nature, ne peuvent être mises sur le papier, comme on y met les lignes & les figures de Géometrie; & on a souvent beaucoup de peine à concevoir comme elles ont été faites: même il y en a, qu'un seul homme ne peut faire; comme, d'observer quels vents règnent en même tems dans la *France* & dans la *Pologne*; si le flux & reflux de la mer se fait à la même heure aux côtes d'*Espagne* & de l'*Amérique*.

Voici ce qu'on pourra observer:

Il faut enseigner de quelle sorte on a fait les expériences, avec quelles personnes, avec quelle exactitude, de quels instrumens on s'est servi, &c. & écrire ces expériences par ordre, selon lequel ordre on les alléguera pour la preuve; on y ajoûtera des figures, si les expériences sont difficiles à comprendre. Mais ces principes d'expérience ne seront principes qu'à ceux qui auront fait les mêmes observations; & seront seulement vrai-semblables aux autres, étant examinées selon les propositions 51 & 52.

Exem-

Exemple pour prouver un Principe d'Expérience.

PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

Les rayons passant de l'air dans l'eau se rompent, & leur inflexion se fait du côté de la ligne perpendiculaire qui passe par le point d'incidence.

DÉMONSTRATION.

Soit AB, une ligne droite dans la surface supérieure de l'eau contenue dans quelque vaisseau dont le fond soit MGFEN; CDE un fil tendu fermement, afin qu'il représente une ligne droite; D, le point où le fil entre dans l'eau; E, le point où il touche le fond du vaisseau. Soit aussi C, un petit trou par où passe un rayon du soleil dans une chambre obscure; en sorte que ce rayon qui est représenté par CD, coulant le long du fil jusques au point D, qui sera le point de son incidence, le fil soit environné de ce rayon: alors, si on ôte le fil, on verra que ce rayon passant dans l'eau, quittera la direction du fil, & ne sera point continué le long de la ligne DE jusques au point E; mais qu'il ira comme en F entre E & G, si DG est le fil d'un pendule passant par le point D. On verra arriver la même chose, si le rayon a une inclination moindre ou plus grande, en ajustant le fil CDE selon le rayon. On fera l'expérience plus facilement si le fond du vaisseau est vuide, & que le fil étant ôté, le rayon CDE tombe au point E; car on verra que si on emplit promptement d'eau le vaisseau jusques à la ligne AB, le point E ne sera plus illuminé, mais un autre point F. Le même arrivera aux autres rayons par la proposition dix-huitième. Donc les rayons passant de l'air dans l'eau, se rompent, &c. ce qu'il faloit prouver par expérience. TAB. XXVI. Fig. 8.

Autre exemple pour faire voir comme il faut disposer plusieurs propositions de suite pour prouver une proposition sensible, & comme il faut faire un raisonnement continu en citant les principes & les propositions prouvées.

On trouve par expérience, que si on emplit de mercure un tuyau cylindrique de verre, comme AB, fermé par le bout A, dont la longueur soit au-dessus de trente pouces; & qu'aiant mis le doigt sur l'extrémité B, sans y enfermer de l'air, on le renverse; & qu'on trempe cette extrémité B dans d'autre mercure mis en quelque petit vaisseau TAB. XXV. Fig. 9.

ſeau de terre comme CDK; & qu'on ôte enſuite le doigt: le mercure deſcend, & après quelques balancemens, il s'arrête ordinairement à la hauteur de vingt-ſept à vingt-huit pouces; c'eſt-à-dire, que ſi EF eſt la ſurface du mercure qui eſt dans le petit vaiſſeau, celui du tuyau deſcendra juſques en H, ſi EH eſt d'environ vingt-ſept pouces & demi; mais ſi on y enferme de l'air avec le mercure; le mercure deſcendra plus bas, & ſe mettra à diverſes hauteurs, ſi on y met plus ou moins d'air.

Ces expériences étant connues, & ſuppoſant qu'aiant fait l'expérience ſans air, le mercure ſe ſoit mis à vingt-huit pouces, comme il arrive quelquefois; on propoſe ce problême de Phyſique.

PROBLÈME DE PHYSIQUE.

ETant donnée la longueur d'un tuyau cylindrique AB, *au-deſſus de vingt-neuf ou trente pouces, fermé par un bout; trouver quelle quantité d'air il faut enfermer avec le mercure, afin que le mercure ſe mette à une hauteur donnée moindre que vingt-huit pouces, lorſque le tuyau ſera perpendiculaire à l'horiſon.*

Pour y parvenir, il faut premiérement prouver que l'air a de la peſanteur, ſoit par des expériences faites par quelques Auteurs célébres, ſoit par quelques-unes qu'on aura faites ſoi-même; & on en fera la première propoſition.

On en fera une ſeconde, dans laquelle on énoncera que la colomne de vif-argent de vingt-huit pouces, qui demeure dans le tuyau de verre AB, lorſqu'on n'y a point mis d'air, péſe autant que la colomne d'air de même largeur depuis la ſurface du mercure du petit vaiſſeau, juſques au haut de l'atmoſphére, c'eſt-à-dire, juſques au plus haut de l'air: & on la prouvera par pluſieurs expériences faites en pluſieurs lieux tant profonds qu'élevés, pour faire voir que plus les lieux ſont élevés, moins grande eſt la hauteur où s'éléve le mercure, comme étant chargé d'une moindre peſanteur d'air; & que dans les caves fort profondes, il s'éléve à une plus grande hauteur, comme étant chargé d'un plus grand poids d'air; & que ſi on met le mercure du vaiſſeau dans de l'eau au-deſſous d'une hauteur de dix ou douze pieds, il s'élévera beaucoup plus dans le tuyau, ſçavoir à un pouce de plus pour quatorze pouces d'eau, à deux pouces pour vigt-huit pouces, &c. à cauſe qu'un pouce de mercure péſe autant à peu près que quatorze pouces d'eau.

On prouvera enſuite que l'air a beaucoup de vertu de reſſort, & que plus il eſt preſſé par un poids, plus il ſe condenſe; mais que le poids étant ôté, il ſe remet de lui-même par ſon reſſort dans ſa première extention, qui eſt celle où il eſt mis par le poids de l'atmoſphére avec lequel il fait équilibre, en ſorte que ſi l'air devenoit plus peſant, il ſe con-

condenseroit davantage; & s'il devenoit moins pesant, il se dilateroit davantage; & ce sera la troisième proposition.

On fera une quatrième proposition, pour montrer, que quelque quantité de mercure petite ou grande, qu'on mette dans le tuyau AB avec de l'air, il descendra; mais qu'il ne descendra pas entièrement jusques à la surface du mercure du vaisseau CDK: & on le prouvera par la troisième proposition. Car si GA est l'air, & GB le mercure qui puisse couler par l'ouverture B: d'autant que son poids depuis EF, surface du mercure qui est dans le vaisseau CDK jusques en G, fait équilibre avec une partie de la colomne d'air de toute l'atmosphére, égale en largeur au diamétre du tuyau AB; & que l'air enfermé GA est condensé de même que l'air qui est à l'entour du tuyau, & que par conséquent il peut faire équilibre par la seule force de son ressort, avec tout le poids de cette colomne d'air; il s'ensuit que le mercure n'aiant rien qui lui fasse équilibre, il descendra. Mais il ne descendra pas jusques à ce qu'il soit en la même surface que le mercure du vaisseau CDK; car s'il y descendoit, l'air GA se seroit dilaté de tout l'espace GE, & par conséquent il ne pourroit faire équilibre en cet état avec tout le poids de l'air, qui est de même poids que vingt-huit pouces de mercure; d'où l'on conclura qu'une partie du mercure demeurera dans le tuyau.

On fera ensuite une cinquième proposition, par laquelle il sera énoncé, que l'air se condense selon la proportion des poids dont il est chargé; & pour sçavoir si cette proposition est véritable, on la supposera, c'est-à-dire, on la posera pour hypothèse, & on fera plusieurs expériences, pour voir si elles conviendront toutes à cette hypothèse. Par exemple, on supposera que le mercure se soit mis à la hauteur de quatorze pouces en G, le tuyau AB étant de quarante pouces, & EB d'un pouce; & parce que EA sera de trente-neuf pouces, GA sera de vingt-cinq pouces; & on supposera pour faire le calcul plus facilement, que le mercure étant enfermé dans le tuyau sans air, se mettroit à vingt-huit pouces précisément; & on raisonnera ainsi:

D'autant que le mercure EG de quatorze pouces fait équilibre avec la moitié du poids de l'air, puisque vingt-huit pouces font équilibre avec tout son poids, il s'ensuit que les vingt-cinq pouces d'air dilaté en AG, font équilibre avec le poids de l'autre moitié de l'air. Mais, par l'hypothèse, il doit être dilaté deux fois plus que l'air qui est à l'entour du tuyau, qui est chargé du poids de tout l'air, & qui est condensé de même que celui qu'on avoit enfermé; donc cet air premièrement enfermé ne devoit être que de douze pouces & demi, moitié de vingt-cinq pouces. Ensuite de ce raisonnement, on en fera l'expérience en cette sorte: On laissera douze pouces & demi d'air dans le tuyau au-dessus du mercure, qui en occupera vingt-sept pouces & demi, & on fermera le bout du tuyau avec le doigt, l'air se mettra au-dessus de

de l'eſpace H A, qui ſera encore de douze pouces & $\frac{1}{2}$; alors ſi on tire le doigt, qu'on ſuppoſe être environ un pouce au-deſſous de E F, on verra deſcendre le mercure, & s'arrêter à la hauteur E G de quatorze pouces ; ce qui ſera déja une conjecture de la vérité de l'hypothèſe. On prendra enſuite un tuyau recourbé A B C D, fermé au bout D, en ſorte que C D ſoit d'un pied, & B A d'environ quatre pieds: on y verſera tout doucement un peu de mercure par l'ouverture A, de manière qu'elle occupe l'eſpace B E C, afin qu'il n'y ait plus de communication de l'air D C, avec l'air B A, & qu'il ne ſoit pas encore preſſé; & que par conſéquent il faſſe encore équilibre par ſon reſſort, avec tout le poids de l'air, qui eſt équivalent au poids de vingt-huit pouces de mercure (on connoîtra que l'air D C n'eſt ni plus preſſé, ni moins preſſé que celui qui eſt en B A, ſi le mercure eſt à même hauteur aux points C & B). On verſera enſuite peu à peu du mercure dans la partie A B, juſques à ce qu'il en monte dans la partie C D, à la hauteur G H de quatre pouces, afin que l'air n'occupe plus que les deux tiers de C D; & on remarquera que B G étant priſe égale à C H, le mercure ſera alors élevé juſques en F, ſi G F eſt de 14 pouces. Or alors l'air D H ſera chargé du poids de quarante-deux pouces de mercure, ſçavoir des vingt-huit pouces du poids de l'air, & des quatorze pouces du mercure qui eſt en G F. Mais quarante-deux eſt à vingt-huit, comme C D à H D, c'eſt-à-dire, douze à huit; & par conſéquent cet air ſe ſera condenſé à proportion du poids dont il ſera chargé. On remplira enſuite le tuyau A B juſques à une telle hauteur, que l'air ſe réduiſe en l'eſpace L D, moitié de C D; & on verra qu'en l'autre côté du tuyau, il ſera à la hauteur I M, ſi I L eſt horiſontale, & ſi I M eſt de vingt-huit pouces. Or en cet état, l'air L D ſera preſſé par un poids de cinquante-ſix pouces de mercure, ſçavoir de celui qui ſera en la partie I M de vingt-huit pouces, & de celui de l'atmoſphère qui eſt égal au poids de vingt-huit pouces de mercure; & par conſéquent cet air enfermé ſe ſera condenſé ſelon la proportion des poids. Deſquelles expériences, & de pluſieurs autres qu'on pourra faire, en ſe ſervant d'un tuyau de ſept ou huit pieds depuis B juſques à A, on conclura la vérité de ce principe d'expérience; ſçavoir, que l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt chargé; & ce ſera la cinquième propoſition.

TAB. XXV. Fig. 10.

Toutes ces propoſitions étant bien prouvées & miſes par ordre, on réſoudra le problême propoſé par la méthode des Géométres qu'ils appellent analyſe, en cette ſorte:

TAB. XXV. Fig. 9.

Soit le tuyau A B de quarante pouces, où l'on doit enfermer de l'air avec du mercure; & on veut que l'expérience étant faite, le mercure ſe mette à ſept pouces de hauteur. On ſuppoſera ce qu'on cherche; ſçavoir, qu'aiant mis en ce tuyau une certaine quantité de mercure & d'air, & aiant plongé ſon extrémité B dans le mercure du petit vaiſſeau

CDK

CDK jusques à un pouce de profondeur, le mercure se soit arrêté en G, sept pouces au-dessous de EF surface du mercure du vaisseau CDK, & on fera un raisonnement continu en cette sorte: D'autant que les sept pouces de mercure EG font équilibre avec le quart de tout le poids de l'air de l'atmosphére, l'air dilaté GA, qui est dans le tuyau, doit faire équilibre par son ressort avec le reste du poids de l'atmosphére, sçavoir les trois quarts, par la troisième & quatième propositions de cet exemple: or cet air dilaté est de trente-deux pouces; donc, par la cinquième proposition, comme vingt-huit pouces de mercure, poids entier de l'air, est à vingt & un pouces, différence de sept pouces & de vingt-huit pouces; ainsi réciproquement l'étenduë de l'air dilaté dans le tuyau, qui fait équilibre avec ces vingt & un pouces, est à l'étenduë de l'air qu'on avoit enfermé avec le mercure avant l'expérience, & qui faisoit équilibre par son ressort à tout le poids de l'air, c'est-à-dire, au poids de vingt-huit pouces de mercure. Mais, cet air dilaté est de trente-deux pouces; donc on avoit enfermé vingt-quatre pouces d'air avec le mercure avant l'expérience, puisque trente-deux est à vingt-quatre, comme vingt-huit à vingt & un.

La synthése ou composition se fera en cette sorte par une preuve indirecte: Soit mis du mercure dans le tuyau AB jusques à seize pouces de hauteur, afin qu'il reste vingt-quatre pouces d'air; & aiant fermé le bout du tuyau avec le doigt, qu'on le plonge dans le mercure du vaisseau, en sorte qu'aiant ôté le doigt, & le mercure étant arrêté, l'extrémité B soit d'un pouce au-dessous de la surface EF. Je dis que le mercure du tuyau qui occupoit l'espace BH de seize pouces, se réduira à sept pouces: car s'il s'élevoit à une autre hauteur, comme de huit pouces, il s'ensuivroit par la cinquième proposition ci-dessus, que comme vingt-huit est à vingt complement de huit à vingt-huit, ainsi trente & un, nombre des pouces de l'air dilaté, seroit à vingt-quatre; ce qui est absurde, parce que cette dernière raison est moindre que la première. On trouvera la même absurdité quelque hauteur qu'on suppose, autre que sept pouces: car alors GA de trente-deux pouces sera à HA de vingt-quatre pouces, comme vingt-huit à vingt & un; donc il se mettra à sept pouces; ce qui étoit à prouver.

On a donc trouvé la quantité d'air qu'il faloit enfermer avec le mercure, pour le faire descendre à la hauteur donnée de sept pouces, & on a prouvé la nécessité de cet effet par ses véritables causes; ce qu'il faloit faire.

Que si on proposoit le problême en cette sorte, *étant donnée la quantité de l'air enfermé avec le mercure avant l'expérience*, (comme, par exemple, vingt-quatre pouces) *trouver à quelle hauteur le mercure se mettra*; il faudroit emploïer les termes & les notes de l'Algébre en l'analyse, avec un raisonnement continu fondé sur la Géométrie des proportions: ce que les médiocres Algébristes pourront faire assez facile-

 ment

ment en posant A pour l'extension de l'air HG, qui se doit faire dans le tuyau; & se servant de l'analogie 24 † A à A, comme 28 à 15—A, dans laquelle vingt-quatre ou AH est l'étenduë de l'air qu'on laisse au-dessus du mercure, A est la dilatation inconnue HG, vingt-huit est le poids de l'atmosphére, 15 est l'étenduë HA, &c.

On voit par cet exemple: premièrement, qu'il y a dans les sciences naturelles un enchaînement & une suite de propositions, de même que dans les Mathématiques; & que la preuve de celles qui sont douteuses, est encore plus difficile:

Secondement, que la méthode de citer les propositions prouvées ou les principes, après les avoir mis par ordre, est la plus commode:

Et enfin, qu'il y a beaucoup de propositions sensibles qu'il est impossible de prouver, sans le secours de la Géométrie & de l'Arithmétique. D'où l'on peut conjecturer qu'il y a plusieurs effets naturels si obscurs, qu'il est impossible ou très-difficile d'en démêler les causes; comme, par exemple, pourquoi la ciguë est vénimeuse, pourquoi une aiguille aimantée se tourne vers le Pole; & que quand quelqu'un seroit assez heureux pour les découvrir, il lui seroit très-difficile de les faire comprendre aux autres: c'est pourquoi il ne faut pas s'étonner si on a fait si peu de progrès jusques à present dans la Médecine, & dans les autres sciences naturelles.

Il ne faut pas pourtant abandonner l'étude de ces sciences: car, comme il a été remarqué dans le second Discours, on peut se contenter d'avoir une certitude entière de l'existence des effets par des observations exactes, lorsqu'on n'en peut découvrir les causes par un raisonnement certain, fondé sur des principes incontestables. C'est même une erreur de vouloir raisonner, & tâcher de prouver par des conjectures, quand on peut s'éclaircir par une induction facile. Une expérience d'une heure nous instruit souvent davantage que des raisonnemens de plusieurs années: & puisqu'il n'y a point d'autres démonstrations en Physique, que celles qui sont fondées sur des expériences certaines par des conséquences infaillibles qu'on en tire, soit qu'on y emploïe des propositions intellectuelles ou non; il s'ensuit que lorsqu'on peut avoir des expériences, il n'est pas nécessaire de chercher d'autres moiens pour prouver la vérité des faits.

Outre ces diverses sortes ou méthodes de prouver, il y en a encore une autre qui se fait par interrogations & réponses, laquelle a été fort en usage parmi les anciens Philosophes, comme *Platon*, *Xénophon*, & *Ciceron*, & qui est fort propre pour surprendre & faire tomber en erreur ceux à qui on parle; mais on ne s'en servoit ordinairement que dans les choses vrai-semblables.

Enfin toutes ces régles servent de peu, si on ne les met en usage, & si on ne s'exerce souvent à faire plusieurs démonstrations, soit pour nous instruire nous-mêmes, soit pour persuader aux autres les veritez qui nous sont connues.

Quelquefois on ne peut pas prouver les choſes invinciblement; mais pour ne demeurer pas dans l'incertitude, on ſe contente d'une preuve vrai-ſemblable.

Par exemple, quelques-uns diſent que les bêtes n'ont point de ſentiment ni de connoiſſance. Or on ne peut pas prouver abſolument que cela ſoit faux, parce qu'on ne ſçait pas s'il eſt au-deſſus du pouvoir de la nature ou non, de faire une machine qui faſſe les mêmes actions qu'un ſinge, ſans avoir aucun ſentiment. Mais, ſuivant le quarante-ſeptième principe, puiſque les bêtes ont des yeux & des oreilles comme nous, qu'elles ſe plaignent comme nous quand on les bleſſe, qu'elles font choix comme nous des viandes, &c; & que nous ſommes aſſûrez que nous faiſons ces choſes par le ſentiment & par la connoiſſance; on doit inférer & croire que les bêtes ont auſſi du ſentiment, & une connoiſſance qui a quelque rapport à la nôtre, à moins qu'on n'apporte une démonſtration claire & évidente du contraire.

Que ſi, une propoſition étant bien prouvée, quelqu'un vient à la nier: ou il la nie contre ſa créance; ce qui arrive aux eſprits contentieux; & alors, ſoit qu'il nie les principes ou les conſéquences des principes, il ne faut plus diſputer contre lui, ſelon la propoſition dixième, car il pourroit nier de même toutes les autres preuves; il ne faut pas auſſi entreprendre de lui faire avouer qu'il a tort, & il ſuffit que ceux qui ſont préſens, le connoiſſent: ou il la nie pour n'avoir pas bien remarqué la connexité des propoſitions; ce qui arrive ſouvent dans les démonſtrations des Mathématiques, ſoit à cauſe de l'embaras des lignes & des figures, ſoit à cauſe du grand nombre des conſéquences; & en ce cas il faut recommencer le raiſonnement, & même changer l'ordre & les termes de la démonſtration.

Que ſi l'on connoît qu'il ſoit incapable d'être perſuadé, il faut auſſi ceſſer la diſpute.

QUATRIÈME DISCOURS,

Des faux raiſonnemens & des autres cauſes de nos erreurs, & de ce qu'il faut obſerver pour ne s'y laiſſer pas ſurprendre.

C'Eſt ici la plus utile & la plus importante partie de la Logique, car les autres ne ſont guéres néceſſaires qu'à ceux qui font profeſſion d'établir les ſciences, & de trouver les véritez cachées, pour les enſeigner aux autres; mais tous les hommes ont intérêt de ne ſe laiſſer pas ſurprendre par de faux raiſonnemens, ou par de fauſſes apparences.

Les faux raisonnemens s'appellent des sophismes, quand on les fait à dessein de surprendre ceux à qui on parle; & on les appelle des paralogismes, quand on les fait par erreur. On ne se servira ici que du nom de sophisme, & même on comprendra sous le nom de sophisme tout ce qui nous fait tomber en erreur, ou qu'on emploïe pour éluder la justesse de nos raisonnemens; & en ce sens un clin d'œil, un mouvement de tête, &c. peuvent être pris pour des sophismes, de même que les fausses apparences qui nous viennent des sens ou de l'imagination. Enfin tout ce qui peut être dit, pensé, ou fait, pour détruire une vérité, ou pour établir une fausseté, sera ici appellé un sophisme.

On peut donc considérer de deux manières de sophismes.

La première consiste dans les fausses apparences.

La seconde, dans les faux raisonnemens. On divisera, pour cette raison, ce dernier Discours en deux articles.

Dans le premier on tâchera de faire connoître les erreurs qui nous viennent des fausses apparences, & les moïens de les éviter.

Dans le deuxième on traitera des faux raisonnemens, & on donnera des régles pour les refuter, ou du moins pour ne s'y laisser pas surprendre.

ARTICLE PREMIER.

Des fausses Apparences.

LA plûpart des fausses apparences procédent, ou des mauvaises dispositions de nos sens & de notre imagination, ou de leur insuffisance naturelle à nous bien représenter les choses: & parce que quelques Philosophes prennent occasion de ces fausses apparences, de rejetter toutes les sciences; il est à propos d'établir ici quelques hypothèses, pour pouvoir expliquer à peu près comme se font nos sensations & nos pensées, afin de pouvoir découvrir les causes des erreurs où elles nous engagent, & les moïens de nous en défendre; & même de faire servir ces fausses apparences, s'il se peut, à découvrir la vérité.

I. HYPOTHÈSE.

Lorsque les nerfs, qui sont les principaux organes de nos sensations, ont reçû quelques mouvemens par l'action d'un objet, ces mouvemens sont portés & communiqués aux parties du cerveau, d'où les nerfs tirent leur origine; & à l'occasion de ces mouvemens, la sensation de cet objet se fait en nous. Ainsi la flamme d'une chandelle étendant ses rayons jusques au fond de nos yeux, où est la membrane appellée choroïde, qui contient les nerfs de la vûë, ces rayons y excitent de certains

tains mouvemens & impressions qui sont continués jusques aux parties du cerveau où aboutissent ces nerfs ; & à l'occasion de ces mouvemens, il nous paroît une flamme hors de nous, c'est-à-dire, que nous appercevons & voïons cette flamme de la chandelle hors de nous en un certain lieu à peu près, en sorte que nous pouvons aller y porter la main. De même, s'il y a une petite cloche à une distance médiocre, sur laquelle quelqu'un frappe avec un corps dur, les frissonnemens & tremblemens des parties de cette cloche excitent de petits frissonnemens à peu près semblables dans les parties de l'air qui la touchent, qui en produisent d'autres successivement dans les autres parties de l'air plus éloignées de la cloche, jusques au dedans de nos oreilles, où sont les nerfs de l'ouïe, lesquels étant ébranlés par ces mouvemens, les communiquent aux parties du cerveau où ils aboutissent ; & à l'occasion de ces mouvemens, il nous paroît hors de nous ce que nous appellons le son d'une cloche, de manière que nous jugeons à peu près où est cette cloche, & que nous pouvons y aller les yeux fermés, & porter la main dessus. Il arrive aussi que lorsque les nerfs de la vûë ont reçû de fortes agitations & impressions, ils les conservent un peu de tems ; ainsi lorsqu'on ferme les yeux incontinent après qu'on a regardé le soleil, il nous paroît encore durant quelque tems une espéce de lumière qui s'efface peu à peu. On pourra expliquer de même à peu près les autres sensations.

II. HYPOTHÈSE.

Soit que les fibres des organes des divers sens aient des structures différentes, ou que les mouvemens qui s'y excitent, soient dissemblables ou par quelque autre cause ; ils ne reçoivent pas les impressions des mêmes objets d'une même manière. Le soleil agissant sur les nerfs de la main, y cause le sentiment de la chaleur ; & dans les nerfs de la vûë, celui de la lumière : le sucre paroît blanc à la vûë, âpre au toucher, doux à la langue. Les nerfs de la vûë émûs par quelque cause que ce soit, comme lorsqu'une humeur acre tombe dessus, ou qu'un coup violent les offense, représentent des couleurs & de la lumière ; & ceux de l'ouïe représentent des sons, de quelque façon qu'ils soient émûs ; les nerfs du goût ne représentent que des saveurs, &c.

III. HYPOTHÈSE.

Lorsque les parties du cerveau auxquelles les nerfs communiquent les mouvemens qu'ils reçoivent des objets, aiant été émues & agitées, nous avons apperçû cet objet ; il demeure dans ces parties du cerveau, une disposition à être émues par des mouvemens à peu près semblables, par le moïen desquels mouvemens, lorsqu'ils s'excitent par quelque cause que ce soit, cet objet quoiqu'absent nous est représenté, &

cette repréſentation ſe fait en deux manières. Dans l'une, l'objet nous paroît de même que dans les ſenſations; ce qui nous arrive dans les ſonges & dans les délires: & cette apparence de ſenſation ſe fait en nous, lorſque les mêmes parties du cerveau qui ont été émues par les objets préſens, ſe meuvent encore de la même manière, quelle que puiſſe être la cauſe qui excite ces mouvemens.

L'autre manière de repréſentation ſe fait par des mouvemens un peu diſſemblables à ceux qui ont été produits par les objets préſens, ſoit dans les mêmes parties du cerveau, ſoit en d'autres parties: comme lorſqu'après avoir vû une roſe, nous fermons les yeux, & que cette roſe nous eſt repréſentée, non pas préciſement comme elle nous a paru, & avec autant de force & d'éclat; mais d'une façon qui nous touche bien moins, & qui eſt d'ordinaire beaucoup moins exacte, tant à l'égard de la figure, que de la couleur, &c. en ſorte que nous pouvons diſtinguer facilement la vûë de la roſe d'avec cette repréſentation, au lieu que ceux qui ſont en délire, ne remarquent point de différence entre l'apparence que leur produit un objet préſent, & celle qui eſt produite par la première manière de repréſentation. Il y a encore cette différence entre ces deux ſortes de repréſentation, que la première ne dépend point de notre volonté, & que nous ne pouvons l'exciter quand nous voulons, du moins cela arrive très-rarement, & à très-peu de perſonnes; mais la ſeconde en dépend en quelque façon, & nous pouvons preſque toûjours, quand nous voulons, nous repréſenter ce qui eſt tombé ſous nos ſens, par cette repréſentation obſcure, comme il a été remarqué en la propoſition 64. D'où il ſuit que ces deux manières de repréſentation différent davantage que du plus & du moins.

La dernière ſe fait encore en deux façons: car quelquefois elle ſe fait avec les principales circonſtances des tems & des lieux, &c. auxquels les objets nous ont paru, & alors elle s'appelle ordinairement mémoire: mais quand on ſe repréſente des choſes ſans aucunes circonſtances, comme quand on ſe repréſente une roſe ſans déſigner aucune des roſes qui nous ont paru en de certains tems & lieux; cette manière de repréſentation s'appelle imagination. Ainſi, quand on recite pluſieurs vers qu'on ſçait, ſelon la ſuite qu'on les a lûs, c'eſt un effet de la mémoire; & lorſque par la reſſemblance de ceux qu'on ſçait, on en fait de nouveaux, c'eſt un effet de l'imagination. Quand on s'applique à ces repréſentations de mémoire ou d'imagination, cette application s'appelle penſée: mais ſouvent on confond la ſignification de ces noms; & penſer à une choſe, en avoir l'idée ou la repréſentation, la concevoir, s'en ſouvenir ou en avoir la mémoire, l'imaginer ou l'avoir dans l'imagination, ſe prennent ſouvent à peu près pour la même choſe.

Dans toutes ces ſortes de repréſentations, & même dans les ſenſations, il eſt vrai-ſemblable que ce n'eſt pas aſſez que le cerveau ſoit modifié, ou l'eſprit-même, par les actions des objets ſur les ſens, pour for-

former les sensations ou les idées; mais qu'il est nécessaire que l'esprit apperçoive cette modification, & qu'il s'y applique par quelque espéce d'action.

IV. HYPOTHÈSE.

Lorsque nous voulons nous souvenir ou penser à quelque chose, il se fait un effort dans le cerveau, par lequel quelques-unes de ses parties sont agitées de la manière qu'il faut qu'elles le soient, pour nous faire avoir ou concevoir l'idée ou la représentation de cette chose; & ce que nous appellons raisonnement, se fait quand nous nous appliquons à faire naître plusieurs idées de suite de diverses choses pour les comparer ensemble, & en tirer des conséquences: & non seulement on peut imaginer & se représenter volontairement un objet qu'on a vû; mais on en peut imaginer plusieurs semblables joints ensemble, quoiqu'on n'en ait vû qu'un seul. On peut aussi joindre les idées de plusieurs choses différentes, comme, si on a vû une tour & du cuivre, on peut avec dessein se représenter une tour de cuivre, & en concevoir l'idée. Et même on peut séparer par la pensée, c'est-à-dire, imaginer séparément une qualité commune à plusieurs choses: ainsi on peut penser à la rougeur, après avoir vû cette couleur en plusieurs fleurs & fruits, &c. sans penser à aucune de ces choses; on peut former l'idée de l'amertume, sans penser à aucune des choses améres.

V. HYPOTHÈSE.

Les idées ou représentations sont les principes de tous nos discours, & de tous nos raisonnemens; mais elles n'en sont pas les objets: c'est-à-dire, que quand nous parlons des choses que nous avons connues par les sens, nous n'entendons pas parler des idées qui nous les représentent (sinon lorsque ces idées sont le sujet de nostre discours); de même que lorsque nous voïons un objet, ce n'est pas le mouvement du cerveau qui nous le fait voir, ni l'image de cet objet que nous voïons, qui est peinte au fond de nos yeux: mais ces mouvemens sont les principes de la vision; & c'est par leur moïen que les corps lumineux ou illuminés nous paroissent.

Ces hypothèses ou suppositions étant reçûes, ou quelques autres à peu près semblables, il est aisé de juger que nos connoissances, ou du moins la plûpart de nos connoissances, dépendent des impressions que nous avons reçûes des objets par les sens, & de la faculté que nous avons d'en concevoir les idées, c'est-à-dire, de nous les représenter par la mémoire ou par l'imagination; & que si nos sens sont peu fidéles, & nos imaginations peu justes, nous tomberons nécessairement en plusieurs erreurs, si nous n'avons pas l'adresse de suppléer par le raisonnement à ces défauts. L'Op-

L'Optique nous enseigne que lorsque nous tournons les yeux vers un point lumineux ou illuminé, il passe par la prunelle de chaque œil, c'est-à-dire, par l'ouverture de l'uvée, plusieurs rayons venans de ce point, lesquels se réünissent au-delà du crystallin & de l'humeur vitrée sur un point de la membrane concave où sont les nerfs de la vision; & que ce point lumineux est vû dans la ligne droite tirée de ce point de réünion par le centre de la cornée, laquelle ligne, en chaque œil, est appellée l'axe de la vûë: de manière que les deux yeux étant tournés directement vers ce point lumineux, ces lignes visuelles aboutissent au point lumineux; & par cette raison, on le voit au même endroit où il est.

De cette disposition naturelle des yeux procédent plusieurs fausses apparences. Car, si on frotte le coin de l'œil la nuit, il nous paroît une petite lumière vers le côté opposé: & s'il y a un miroir, comme AB, qui reçoive les rayons DH, DE, du point lumineux D, & les réfléchisse sur les deux yeux en G & C, selon les lignes droites HG & EC; les axes des yeux étant disposés selon ces lignes, ce point paroîtra dans leur concours au point F au-delà du miroir, quoiqu'il soit en D: & si ABLN est un corps transparent, & D un point illuminé; les rayons DH, DF, se rompront, rencontrant la surface AB, & passeront dans l'air selon les lignes FC, HG: & les deux yeux étant en C & G, verront le point D au point E, où est le concours des deux lignes droites CF, GH; & on se pourra tromper en la situation de ce point, si on ignore les régles de la réfraction. C'est de là que procéde cette fausse apparence si souvent redite par les Philosophes, d'un bâton droit qui paroît courbe étant en partie plongé dans l'eau: car supposé que la ligne droite MKD soit le bâton, il paroîtra selon la courbure MKE aux yeux en C & G; à cause que le point D paroît en E, & les autres points de la ligne DK en des points de la ligne EK.

TAB. XXV. Fig. 6.

TAB. XXV. Fig. 11.

On fait aussi un faux jugement à l'égard des miroirs, quand on dit que c'est l'image des objets qu'on y voit: car on les voit aussi véritablement que par la vûë directe; c'est-à-dire, que les mêmes rayons qui feroient voir l'objet D aux yeux en L & M, si le miroir étoit ôté, le font voir par réflexion au-delà du miroir en F, aux yeux qui sont en C & G; & par conséquent on ne devroit pas appeller image, ce qu'on voit par réflexion.

TAB. XXV. Fig. 6.

Les yeux ne peuvent aussi discerner les figures des très-petits objets vûs de près, ou des grands vûs de très-loin, comme il a été remarqué dans la proposition 35; parce que l'endroit où se réünissent les rayons, n'occupe pas assez de place au fond de l'œil pour y faire sentir de la distinction; & on se pourroit tromper, si on entreprenoit de juger de la figure de ces objets. C'est par cette raison que l'étoile de Vénus nous semble ronde en la regardant avec les yeux seuls, quand elle nous pa-

roît en croiſſant par le moïen des lunettes d'approche qui en agrandiſſent l'apparence. On ne parle pas auſſi dans l'exactitude, lorſqu'on dit que le ſoleil eſt lumineux ; car cette apparence n'eſt que par rapport au ſens de notre vûë, ſelon le principe 30. Il en eſt de même, lorſqu'on dit qu'on voit des objets, comme une roſe, une maiſon, &c. car on ne voit proprement que la lumière des corps lumineux réfléchie ſur ces objets ; mais cette lumière recevant des différentes modifications en pénétrant un peu les ſurfaces des objets différens, & ſe réfléchiſſant enſuite vers nos yeux, nous y fait paroître des couleurs différentes, qui nous déterminent à peu près leurs grandeurs & leurs figures, & nous les font diſtinguer les uns des autres ; & c'eſt une choſe merveilleuſe que de fort petites différences dans l'arrangement des particules qui compoſent les ſurfaces des fleurs & des feuilles d'une plante, nous les faſſent voir ſous des couleurs ſi différentes de blanc, de bleu, de rouge, &c. On peut pourtant avec quelque raiſon dire qu'on voit ces choſes, puiſqu'on diſcerne à peu près leurs figures, & qu'il y a quelque choſe en elles qui nous fait paroître une couleur plûtôt qu'une autre ; quoique véritablement rien ne ſoit viſible que le ſoleil & les autres corps lumineux ; & que nous ne puiſſions même diſtinguer les différens tiſſus des ſurfaces des objets, qui nous les font paroître de différentes couleurs. Il eſt même croïable que les couleurs ne paroiſſent pas préciſément de même à tous les hommes ; car ſouvent l'un des yeux ne les voit pas de même que l'autre. Les différentes lumières en changent auſſi les apparences : le gris de lin vû auprès du feu eſt beaucoup différent de ce qu'il paroît au ſoleil ou à la lune ; & ce qui paroît jaune au ſoleil, paroît verd à la lumière de ſoufre ou de l'eſprit de vin.

Lorſque les objets ſont fort éloignés, on ſe trompe dans leurs grandeurs & dans leurs diſtances ; mais ces erreurs ſe peuvent corriger aſſez facilement par la Géométrie & par l'Optique : comme, encore que la lune ne nous paroiſſe que d'un pied de diamétre, on la jugera beaucoup plus grande, lorſqu'elle ſe lévera derrière quelque montagne qu'on ſçaura être éloignée d'environ 50 lieuës ou cent mille toiſes : car s'il y a une maiſon de cinquante pieds de longueur diſtante de mille toiſes, & que la lune, en ſe levant, paroiſſe occuper un eſpace auſſi large que cette maiſon ; ceux qui ſçauront qu'un petit objet en couvre un grand ſelon la proportion des diſtances, connoîtront que puiſque la lune eſt alors éloignée de plus de cent fois davantage que cette grandeur de cinquante pieds, elle doit avoir par conſéquent ſon diamétre cent fois plus grand que cinquante pieds, c'eſt-à-dire, plus grand que cinq mille pieds ; & par d'autres obſervations que la vûë nous peut fournir, on pourra aſſûrer qu'elle eſt de plus de cinq cens lieuës de diamétre.

On fera de même à l'égard du ſoleil & des autres corps éloignés. Et parce qu'on objecte que rien ne paroît ſous ſa véritable grandeur, & qu'on

qu'on n'en peut faire aucun jugement certain, on en demeurera d'accord; mais on peut avoir une mesure réelle de cuivre ou d'argent, qu'on appellera un pied ou une coudée, &c. à laquelle on rapportera toutes les grandeurs, & desquelles on jugera par rapport à celle-là, qui sera déterminée.

L'ouïe a beaucoup de rapport à la vûë: car elle se fait selon des lignes droites; & on juge à peu près de l'éloignement, & de l'endroit où se fait un son, quand il n'y a que de l'air entre-deux.

Nous pouvons aussi tomber par ce sens en quelques erreurs semblables à celles de la vûë.

La première est, que l'on croit communément que le son soit, par exemple, dans la cloche qu'on entend, & qu'elle est sonnante; au lieu que, selon le principe vingt-neuvième, elle n'a qu'un simple mouvement & frissonnement de sa matière, laquelle agitant l'air contigu, & ensuite les nerfs de l'ouïe, nous fait avoir l'apparence de ce que nous appellons son ou bruit, comme nous recevons l'action du corps lumineux sous l'apparence de lumière.

Les sons se distinguent par aigu & grave, & l'aigu est produit tant par la vitesse du corps qui frappe l'air, que par sa petitesse. Ainsi, une corde de lut, étant tendue davantage, produit un son plus aigu, parce que ses battemens sont plus vîtes; & un boulet de canon, passant par l'air, fait un son plus grave que celui que fait une balle de mousquet, qui va de même vitesse.

Lorsque les petites vagues ou frissonnemens de l'air qui portent le son, se réfléchissent contre un mur ou contre quelque autre corps dur, & vont ensuite frapper les oreilles; le son nous paroît venir de l'endroit qui est directement au-delà des points de réflexion; & on juge le son au-delà du mur par une raison semblable à celle par laquelle on juge qu'un objet qu'on voit par réflexion, est au-delà du miroir; & on a autant de tort d'appeller image de la voix, le son qui vient aux oreilles par réflexion, que de dire qu'on voit l'image du soleil, quand on le voit par réflexion dans l'eau ou dans un miroir.

Quand nous recevons la voix par une fenêtre ouverte éloignée de nous, ou par le tuyau d'une cheminée, nous ne pouvons juger de quel côté vient la voix, parce qu'elle nous paroît toûjours dans la continuation des lignes droites, par lesquelles l'impression se fait.

L'odorat se fait par des émissions de certaines petites vapeurs & exhalaisons, qui sortant des corps, & entrant dans le nez, font leur impression sur une membrane délicate qui y est, où sont les nerfs de l'odorat, & par ce moïen nous sentons ces petites vapeurs; & parce qu'elles sont invisibles, nous attribuons l'odeur au corps d'où elles sortent, quoiqu'il n'agisse aucunement sur notre odorat: & c'est par cette raison qu'il est difficile de déviner par l'odeur, où est le corps qui la produit, à cause que ces vapeurs ne vont pas en lignes droites, & qu'elles

se

ſe meuvent de toutes parts, & ſelon les vents. Les chiens de chaſſe montrent pourtant à peu près où eſt le gibier qu'ils ſentent.

On ne parle pas exactement, quand on dit que les choſes ont une bonne odeur; car ce n'eſt que par rapport aux organes de l'odorat, comme il eſt marqué en la propoſition 30.

Le goût ne diſcerne proprement que la douceur, l'amertume, le ſalé, l'acre & le piquant, &c. Et ce qui fait le principal agrément des viandes, eſt l'odorat; car quand on les mange, les vapeurs paſſent dans le nez par un petit conduit qui répond au palais; & on ſe trompe, quand on attribue au goût la bonté des fraiſes & des mouſſerons. Il ne faut pas croire que la ſaveur ſoit réellement dans les viandes; mais ſeulement qu'elles ſont diſpoſées à produire en nous les différentes ſaveurs que nous y trouvons, conformément à la propoſition 30.

Le ſens de l'attouchement eſt diſpoſé à nous faire ſentir de la douleur dans les endroits de notre corps, où nous avons quelque bleſſure; & nous ne faiſons pas un faux jugement, quand nous croïons que le mal eſt où nous ſentons la douleur, quoique le principe de toutes les ſenſations ſoit dans le cerveau. Ce ſens eſt auſſi diſpoſé à nous faire trouver froid tout ce qui a une chaleur moindre que la nôtre, & chaud ce qui en a une plus grande; & c'eſt par cette raiſon que le froid nous paroît quelque choſe de poſitif, quoique l'on puiſſe croire que ce n'eſt qu'une privation ou une diminution de chaleur.

Lorſque nous plions deux doigts d'une même main en croix, & que nous mettons entre les deux extrémitez une petite boule, elle nous paroît double; parce que les nerfs qui ſont dans les doigts, portent au cerveau les mêmes impreſſions, que lorſqu'étant en leur ſituation ordinaire, ils touchent deux petites boules.

Enfin les erreurs des ſens ſont faciles à connoître; & on auroit tort de s'en mettre beaucoup en peine, puiſqu'elles arrivent rarement, & qu'on les peut corriger facilement. On doit plûtôt admirer, qu'encore que toutes nos ſenſations ſe faſſent par des mouvemens de certaines parties du cerveau, la vûë & l'ouïe nous puiſſent faire paroître les choſes hors de nous à de très-grandes diſtances, & à peu près où elles ſont. On peut même dire que les erreurs des ſens nous ſont avantageuſes: car l'apparence du ſon, dans les cordes d'un lut, nous chatouille l'ouïe; & les fauſſes couleurs des fleurs, de l'arc-en-ciel, &c. nous plaiſent beaucoup plus que ſi nous n'appercevions par-tout que l'image du ſoleil par réflexion, ou qu'elle nous fît voir les différens tiſſus des ſurfaces des corps.

Quoique nous ſoïons détrompés des faux jugemens du vulgaire, touchant les ſenſations; il ne faut pas laiſſer d'en parler comme les autres, & il ne faut pas s'obſtiner à combattre les apparences naturelles que nous donnent les ſens. Ainſi nous dirons que le feu eſt chaud,

que le ſoleil eſt lumineux, que le ſucre eſt doux, que la neige eſt blanche, que les cloches ſonnent, qu'un lut produit une agréable harmonie, &c. Et il ſuffit de ſçavoir, une fois pour toutes, de quelle façon, & par quelles manières les choſes nous paroiſſent comme elles nous paroiſſent. Enfin, on jugera facilement, que ſi les organes des ſens ſont mal diſpoſés, ils ne repréſenteront pas les choſes à l'ordinaire. Ainſi quand les muſcles des yeux ſeront trop foibles pour tourner leurs axes vers un même point, on le verra double; ſi la langue eſt imbibée de quelques humeurs billeuſes, on trouvera le vin amer, &c. Ces fauſſes apparences de nos ſens étant connues par ces raiſons, & par quelques autres qu'on pourra découvrir avec un peu de ſoin, elles ne feront aucun préjudice à l'établiſſement des ſciences; elles pourront même y contribuer, pourvû qu'on en ſçache bien les cauſes par pluſieurs expériences exactes, & qu'on ſçache bien conduire ſon raiſonnement par les ſciences intellectuelles, & par les principes 29 & 30.

Ce qui vient d'être dit à l'égard des ſens, nous peut faire connoître que l'imagination eſt inſuffiſante pour nous bien repréſenter les choſes, qu'elle a beaucoup moins de clarté & d'exactitude que les ſenſations, & qu'elle nous engage dans les mêmes erreurs. Car de même que la vûë nous fait bien diſcerner le nombre de cinq ou ſix pierres miſes de ſuite, & que s'il y en a cinquante ou ſoixante, elle ne peut nous faire diſcerner ce nombre d'un autre un peu moindre, ou un peu plus grand; ainſi l'imagination nous fait bien concevoir cinq ou ſix pierres enſemble poſées de ſuite, mais elle ne peut en faire concevoir diſtinctement cinquante ou ſoixante, ſinon par la mémoire, quand on les a comptées. De même nous pouvons nous ſouvenir d'avoir mis cent jettons dans une bourſe, après les avoir comptés; mais notre imagination ne peut nous faire concevoir diſtinctement cent jettons enſemble, non plus que notre vûë ne pourroit nous faire diſcerner ce nombre de jettons, s'ils étoient épanchés ſur une table. Nous ne pouvons auſſi former l'idée d'une figure régulière d'un grand nombre de côtez, par exemple, de cent: & quoique par l'application de certaines régles de Géométrie dont nous nous ſouvenons, nous en puiſſions dire quelques propriétez par nos diſcours, comme, que tous les angles intérieurs de cette figure ſont égaux à cent quatre-vingts-ſeize angles droits, il ne s'enſuit pas que nous aïons une idée diſtincte de ces cent côtez; car même nous ne pouvons concevoir diſtinctement cent quatre-vingts-ſeize angles droits. La même choſe nous arrive à l'égard de beaucoup d'autres objets; car nous n'en formons que des idées confuſes. Celles que nous avons de nous-mêmes, eſt du nombre: celui qui parle de ſoi, confond & mêle enſemble les idées de ſon corps, de ſon eſprit, de ce qu'il ſçait, de ce qu'il peut, & de la plûpart des autres choſes qui le concernent: c'eſt pourquoi nous nous trompons ſouvent en l'opinion de nous-mêmes. Les idées des choſes infinies ſont très-obſcures: car nous les fon-

dons

dons sur les idées des choses finies, en concevant leurs extrémitez; & quoique nous en parlions sans erreur, ce que nous en concevons, n'a rien de positif: ceux-mêmes qui nous écoutent, reçoivent souvent des idées différentes des choses dont nous parlons.

Nous connoissons si peu notre esprit, c'est-à-dire, ce qui est en nous le principe actif de la pensée, que lorsque nous parlons de son étenduë & de ses facultez, nous ne pouvons nous accorder. On confond même les idées des choses avec les idées des paroles avec lesquelles nous les exprimons. En voici un exemple. Plusieurs Logiciens très-célébres disent qu'il y a quatre opérations de l'esprit; concevoir, juger, raisonner & ordonner : ils appellent concevoir la simple idée d'une chose; & juger, lorsqu'on affirme ou qu'on nie quelque autre idée de cette première idée, &c. Or il semble que cet ordre ne se doit pas rapporter aux opérations internes de l'esprit: car, lorsque nous avons vû une rose rouge, la plus simple conception & la plus naturelle est lorsque sans effort elle se représente à nous à peu près comme nous l'avons vûe, c'est-à-dire, rouge, avec plusieurs feuilles d'une certaine grandeur & d'une certaine figure; & ainsi quand nous disons que cette rose rouge est rouge, qu'elle a plusieurs feuilles, &c. nous ne faisons qu'exprimer par nos paroles la première & la plus simple opération de notre esprit. Mais si nous voulons attribuer quelque qualité ou quelque action à une rose au-delà de ce qui est contenu sous cette première idée, comme, qu'elle est rafraîchissante; alors le jugement que nous en faisons, est ordinairement précédé de plusieurs raisonnemens, & par conséquent il ne peut pas être la seconde opération de notre esprit. Mais il est vrai qu'un nom, comme la rose, considéré seul, est la première & la plus simple partie de nos discours; qu'en lui joignant quelque nom d'attribut, on fait une proposition qui est la seconde chose qu'on peut considérer dans l'expression de nos pensées; que le raisonnement se fait ensuite par l'assemblage de plusieurs propositions; & qu'enfin on fait un discours ou un livre entier de plusieurs raisonnemens mis par ordre.

A l'égard des opérations internes de l'esprit, voici l'ordre qu'on y peut remarquer.

La première est le souvenir ou l'imagination d'une chose que nous avons apperçûe par les sens, de la même manière qu'elle nous a paru.

La seconde est la composition, c'est-à-dire, l'action de l'esprit, par laquelle il joint ensemble plusieurs idées de choses différentes, comme lorsque nous concevons un animal aiant une tête d'homme, un corps de lion, & des aîles d'aigle.

La troisième est l'abstraction ou séparation, c'est-à-dire, l'action par laquelle nous séparons quelque qualité d'une idée totale, sans penser aux autres qualitez, ni à la substance-même qui a cette qualité: comme, quand nous pensons à la rougeur, sans penser aux roses, aux pavôts

vôts & aux autres ſubſtances où nous avons remarqué de la rougeur; que nous penſons à l'étenduë, ſans penſer à la matière; que nous penſons aux nombres, ſans penſer aux choſes nombrées.

La quatrième opération de l'eſprit eſt le raiſonnement, c'eſt-à-dire, l'action interne par laquelle nous examinons les rapports des choſes entr'elles, ou leurs différences, &c. pour en tirer quelques conſéquences: comme lorſqu'après avoir conſidéré abſtractivement la rondeur, & remarqué pluſieurs de ſes propriétez, nous examinons enſuite ſi ces propriétez conviennent à la terre ou non.

Le jugement, comme, *la terre eſt ronde*, eſt la concluſion d'un raiſonnement; & on le peut conſidérer comme ſa principale partie, ou le prendre, ſi l'on veut, pour une cinquième opération de l'eſprit.

L'action interne par laquelle nous méditons l'ordre & la diſpoſition de pluſieurs raiſonnemens pour faire un long diſcours ou un livre, doit être rapportée à la quatrième opération; car elle n'en eſt différente que comme du plus au moins, puiſqu'il nous faut auſſi méditer l'ordre & la diſpoſition des propoſitions qui doivent ſervir à une preuve.

La queſtion célébre, ſi toutes nos idées viennent de nos ſens, eſt difficile à réſoudre. Quelques-uns ſoûtiennent que nous avons une idée claire & diſtincte de la penſée, & que cette idée ne procéde pas des ſens. Mais cette propoſition eſt équivoque; car elle confond l'exiſtence de la penſée avec ſon eſſence: l'idée que nous avons de l'exiſtence de la penſée, eſt certaine & diſtincte; mais celle que nous avons de ſa nature & de ſon eſſence, eſt très-obſcure & incertaine. Pour bien examiner cette queſtion, il faut conſidérer qu'outre les impreſſions que les ſens font dans notre cerveau, il s'en fait par le chagrin, par la colére, par l'inquiétude, par la joie, &c. qui accompagnent d'ordinaire nos penſées, & qui font une eſpéce de ſentiment de douleur ou de plaiſir, dont nous confondons les idées avec le ſouvenir des choſes que nos penſées nous ont repréſentées: d'où vient que quand nous parlons de nos penſées, nous les conſidérons à peu près comme des actions que nous avons faites, & nous nous ſouvenons fort bien que nous avons eu des penſées: mais nous ne ſçavons aucunement comme elles ſe forment; ſi c'eſt par des traces que les impreſſions des objets laiſſent dans le cerveau, ou par des mouvemens de quelques-unes de ſes parties; quelles ſont ces parties, & leurs manières de ſe mouvoir; ſi les penſées ſont des modifications de l'ame, ou ſeulement ſon application aux modifications du cerveau: d'où il ſuit que nous n'avons point d'idée claire de la nature & de l'eſſence de la penſée, mais ſeulement de ſon exiſtence, à cauſe du ſentiment intérieur par lequel nous connoiſſons que nous penſons, comme nous connoiſſons que nous parlons, ou que nous écrivons. C'eſt ce ſentiment intérieur qui nous fait reconnoître les choſes que nous avons déja vûes, comme il a été remarqué en la propoſition 65: ainſi quand nous rencontrons dans un livre un endroit que

que nous avons déja lû, il se fait de petits mouvemens de passions, qui nous font naître l'idée des passions semblables que nous avons eues pendant la première lecture; ce qui nous fait connoître que nous avons deja lû cet endroit.

Quoique l'imagination soit nommée à cause des images, & des figures des choses apperçûes par les yeux, qu'elle nous représente; elle ne laisse pas de nous représenter les autres sensations, mais sous des idées qui ne sont nullement des images: comme les idées des odeurs, des couleurs, &c. Le toucher peut toutesfois faire concevoir une figure; mais la plûpart de ces idées, particulièrement celles qui procédent de l'imagination active, sont souvent bien difficiles à expliquer par nos discours, & nous disons aussi très-souvent des choses que nous ne concevons pas. Il est bon de remarquer qu'il y a de fausses apparences de l'imagination, qu'il ne faut pas tâcher de détruire; en voici un exemple. Lorsqu'on ouvre la bouche, il est certain que ce n'est que la partie inférieure qui se baisse; mais, parce que cette idée pourroit choquer notre imagination, nous sommes naturellement disposés à croire que nous ouvrons également la bouche vers le haut & vers le bas: c'est encore par la même raison que, s'il est vrai que la terre se meuve, l'apparence de son mouvement rapide nous est cachée, parce qu'elle nous feroit frayeur.

Il paroît par les discours précédens, que les fausses apparences de nos sens & de notre imagination ne sont pas beaucoup considérables, & que nous pouvons les corriger par les sens-mêmes, & par l'imagination. Ainsi nous pouvons juger par les yeux, qu'il fait plus froid dans les caves en Hiver qu'en Été, en y portant un thermométre, & remarquant que sa liqueur s'éléve plus haut au mois d'Août, qu'au mois de Janvier; & nous serons assûrés de cette vérité, malgré l'insuffisance du toucher, pour discerner les limites du chaud & du froid.

Si nous sçavons les régles de la Dioptrique, dont les principes s'établissent par des observations faites avec les yeux, nous pourrons nous détromper d'une erreur qui nous peut mettre en danger en passant une riviére; sçavoir, que quelques endroits plus profonds que celui où nous sommes, nous paroissent moins profonds par la réfraction.

Enfin il faut seulement nous empêcher de juger avec précipitation, & ne nous laisser pas séduire aux premières apparences, comme ont fait autrefois quelques Philosophes, qui, pour expliquer les différentes figures de la lune, supposoient qu'elle n'avoit qu'une moitié lumineuse, & qu'elle la faisoit voir successivement; & ils soûtenoient cette hypothése, parce qu'elle leur paroissoit possible, faute d'en examiner toutes les circonstances qui les eussent détrompés. Il faut donc voir & revoir les choses, y penser & repenser à loisir: car c'est par le défaut d'étenduë de notre imagination, que nous ne voïons pas en même tems toutes les circonstances d'une hypothèse, & nous devons nous en défier

fier par cette raison, comme de la principale cause de nos erreurs ; mais nous ne pouvons nous en défendre qu'en examinant à loisir, s'il n'y a point d'apparence qui repugne à ce que nous supposons, & s'il n'y a point d'autre systême plus juste. Par ces moïens nous pourrons nous délivrer suffisamment des faux jugemens, & des erreurs des sens & de l'imagination.

ARTICLE II.

Des faux Raisonnemens.

Les sophismes qui procédent des faux raisonnemens, sont de deux sortes:

La premiére est, lorsqu'une des propositions sur lesquelles on fonde la conclusion, ou toutes les deux, sont fausses ou douteuses ; la seconde, quand il n'y a point de connexité entr'elles & la conclusion.

Le sophisme qui se fait, quand les premiéres propositions sont fausses ou douteuses, s'appelle pétition de principe ou supposition de principe ; & on tombe en ce défaut, lorsqu'on prend une proposition qui n'est point principe ni prouvée, pour un principe ou pour une proposition prouvée. Comme, si on prenoit pour principe cette proposition, *les contraires se guérissent par les contraires*, on en tireroit une fausse conséquence, si on vouloit entreprendre de guérir une brûlure en y appliquant de la glace ; car elle serviroit seulement à rendre froide la partie brûlée, mais elle ne la guériroit pas. C'est le même défaut, lorsqu'on veut prouver une proposition par une autre plus obscure ou également obscure, ou qu'on la veut prouver par elle-même en la déguisant, & changant ses termes ; ce qui est contre les principes 7 & 8. Ainsi la sixiéme proposition des Méchaniques d'*Archiméde* est mal prouvée, parce qu'elle est prouvée par une autre proposition plus obscure : on peut croire que cette proposition plus obscure avoit été prouvée ailleurs par *Archiméde*, ou par d'autres Auteurs ; & les Géométres modernes doivent songer à rétablir cette preuve.

C'est le même sophisme, lorsqu'on prend pour principe une question de fait qui est fausse. Ainsi quelques Philosophes ont pris pour principe, que l'air étoit chaud de soi-même ; ce qui est manifestement contre l'expérience : car il se refroidit peu à peu, quand les causes qui l'échauffent, sont éloignées ; & on ne peut souffrir sa froideur dans les lieux fort élevés, où la réflexion des rayons du soleil a peu de force ; desquelles expériences on peut conclure par le principe 34, que la chaleur ne lui est pas naturelle.

Il faut donc examiner avec beaucoup d'exactitude ces questions de fait : car naturellement nous croïons ce qui nous est dit, selon la propositi-

pofition 68; & il arrive fouvent que fi plufieurs hommes nous difent avec paffion une chofe, nous la prenons pour principe de fait. Par cette même raifon, les livres imprimés nous perfuadent. Et pour ne vouloir pas prendre la peine d'examiner la vérité d'une propofition, ou pour n'en être pas capables; fi un homme d'autorité la propofe, nous la recevons d'ordinaire pour véritable: ainfi l'opinion des quatre élémens, fçavoir le feu, l'air, l'eau & la terre, a été reçûe pour vraie depuis 2000 ans, par la plûpart des hommes, quoiqu'elle foit contraire à la vérité, & aux expériences exactes, comme il eft facile de le faire voir. Ce fophifme eft contre les principes 51 & 52.

On doit ici remarquer qu'il y a bien de la différence entre un bon argument, & une bonne preuve: car on peut faire des argumens dont les propofitions auront de la connexité; mais leurs premières propofitions n'étant pas des principes, & étant autant ou plus difficiles à croire que la queftion, le raifonnement fera inutile: comme, fi pour prouver que le marbre eft infenfible, on difoit

Toutes les pierres font infenfibles:
Le marbre eft une pierre;
Donc le marbre eft infenfible;

Car encore que la dernière propofition foit comprife fous les deux premières, l'argument eft inutile, & ne prouve rien par le principe 8, puifqu'il eft moins connu que toutes les pierres foient infenfibles que le feul marbre. Ce défaut eft en quelque façon compris fous la fuppofition de principe, puifque dire que toutes les pierres font infenfibles, comprend la propofition, *le marbre eft infenfible*, qui eft la queftion. La plûpart des exemples d'argumens qu'on donne dans les écoles pour les modes des argumens, font de cette nature; & il faut prendre garde que par le principe 38 les chofes fenfibles particulières établiffent les générales, & non au contraire. On peut auffi rapporter à la fuppofition de principe un défaut de raifonnement qui fe fait quand on établit une propofition par une autre, & qu'enfuite on veut prouver cette dernière par la première; c'eft ce que les Grecs appelloient Diallèle, c'eft-à-dire, preuve mutuelle de deux propofitions l'une par l'autre: on appelle ordinairement ce défaut, cercle de Logique, & il a été remarqué dans le Principe 8.

Quelquefois on prend pour principe une propofition de fait qui eft vraie en quelque façon, mais qui eft fauffe par le plus ou par le moins: comme, quand on dit que le papier eft poli, & qu'il devroit fervir de miroir; il eft bien vrai qu'il eft poli, fi on le compare à quelque chofe de raboteux, mais il ne l'eft pas comme le verre.

Les fophifmes, par le défaut de connexité, fe font en plufieurs manières. La plûpart procédent de l'ambiguïté des mots & des façons de parler, ou des différens états des chofes, & des différens rapports qu'elles ont les unes envers les autres.

Il ne ſera pas inutile d'expliquer ici les plus conſidérables, & de les mettre par ordre avec des exemples, afin d'en faciliter la mémoire.

La première, eſt quand un nom qui a des ſignifications entièrement différentes, eſt pris en l'une de ſes ſignifications dans la première propoſition de l'argument, & en une autre dans la ſeconde: comme, ſi on diſoit à un homme qui eſt en peine de quelque choſe,

Vous avez du ſouci:
Le ſouci eſt une fleur;
Donc vous avez une fleur.

Ce ſophiſme eſt contre la troiſième demande.

La ſeconde eſt, quand on veut inférer qu'une même choſe qui a ſucceſſivement divers noms de ſubſtance, ſoit toûjours la même ſubſtance; ou qu'elle conſerve le même nom de qualité, lorſqu'elle l'a perdue, & qu'elle en a reçû d'autres: comme,

Vous avez mangé ce que vous avez acheté:
Vous avez acheté de la chair crue;
Donc vous avez mangé de la chair crue.

Ce qui eſt contre le principe 22.

La troiſième eſt, quand on veut inférer que les choſes ſemblables en quelque choſe, le ſont en tout: comme,

Le ſucre eſt blanc:
Ce que je vois, eſt blanc;
Donc c'eſt du ſucre.

Cette manière de ſophiſme nous fait tomber ſouvent en erreur, & nous fait prendre une choſe pour une autre, lorſqu'on voit qu'elles ont deux ou trois ſignes ſemblables; ce qui eſt contre le principe 37.

La quatrième eſt, lorſqu'on veut inférer que ce qui eſt, en quelque façon, & pour de certains égards, quelque choſe, & en quelques qualitez, eſt cette choſe, & a cette qualité abſolument, & de ſoi-même: comme, le muſc eſt de bonne odeur à quelques-uns; donc il eſt abſolument de bonne odeur; ce qui eſt contre le principe 25.

La cinquième eſt, lorſqu'une choſe aiant des qualitez capables de faire des effets contraires, on lui en attribue un abſolument: comme,

Ce qui eſt chaud, deſſeiche:
Cette eau eſt chaude;
Donc cette eau deſſeichera.

A quoi il faut répondre, qu'elle deſſeichera par ſa chaleur, & qu'elle mouillera par ſon humidité, ſelon le principe 27; & ſi on la met dans un vaiſſeau, & qu'on applique ſur ce vaiſſeau une choſe mouillée, elle pourra la ſeicher.

La ſixième eſt, lorſqu'on prend une des premières propoſitions de l'argument pour véritable, qui ne l'eſt pas en un certain ſens: comme,

Vous avez ce que vous n'avez pas perdu:
Vous n'avez pas perdu des aîles;
Donc vous avez des aîles.

Pour

Pour rendre véritable la première propofition, il faudroit dire, *ce que vous aviez, & que vous n'avez pas perdu, vous l'avez encore.*

La feptième eft, lorfqu'on fe fert de certains mots dont la fignification eft indéterminée, ou fauffement prife: comme, lorfque les Médecins appellent purgations, les breuvages qu'ils donnent; que les Sectateurs d'*Ariftote* appellent caufes occultes, celles qu'ils ignorent; & que les Cartéfiens expliquent beaucoup d'effets par ce qu'ils appellent matière fubtile. Car, fi, par exemple, on fait demeurer d'accord ces derniers, que leur matière fubtile n'eft autre chofe qu'une pouffière très-menue; on concevra clairement que cette pouffière aura des figures différentes & la plûpart irrégulières, & que par cette raifon elles laifferont du vuide entr'elles contre leur hypothèfe ordinaire: mais parce que le nom de fubtil eft d'une fignification douteufe, on ne voit pas bien les défauts de cette hypothèfe. Les conféquences qu'on tire du cours rapide de cette matière fubtile ou pouffière très-menue, des efprits ignés, des efprits frigorifiques, & d'autres chofes, qu'on peut croire être inventées à plaifir, font de cette nature.

Les fophifmes qui fe fondent fur la divifion infinie de l'efpace, procédent auffi de ce qu'on ne peut comprendre l'infini, & qu'il n'eft pas d'une fignification déterminée; ce qui fait qu'on a peine à donner la folution de ces fophifmes; mais il fuffit de faire une preuve contraire facile à comprendre: comme, fi on vouloit prouver qu'un homme qui courroit deux fois plus vite qu'un autre, ne pourroit jamais l'atteindre, fi ce dernier avoit une lieuë d'avance; parce que pendant que le plus vîte feroit cette lieuë, l'autre feroit une demi lieuë au-delà, & que quand le plus vîte auroit fait cette demi lieuë, l'autre auroit fait un quart de lieuë au-delà, & ainfi à l'infini: il faut répondre, que fi le plus vîte fait une lieuë en une heure, & l'autre une demi lieuë dans le même tems, le premier aura fait trois lieuës en trois heures, & l'autre une lieuë & demi, & que par conféquent le plus vîte l'aura paffé d'une demi lieuë; ce dernier raifonnement eft clair, & l'autre eft obfcur.

Et fi pour prouver qu'il n'y a point de mouvement dans la nature, on dit: *ce qui eft mû, fe meut dans le lieu où il eft, ou dans celui où il n'eft pas encore: l'un & l'autre eft impoffible; donc il ne fe fait point de mouvement.* Il faut répondre qu'il eft difficile ou impoffible de comprendre par le détail comme un corps paffe d'un lieu à un autre, à caufe que les efpaces font divifibles à l'infini, & qu'on ne peut comprendre l'infini; mais que c'eft une chofe très-claire, & qu'aucun raifonnement ne peut détruire, que les corps changent de place.

La huitième eft, de foûtenir qu'une propofition eft vraie, fi perfonne ne peut prouver le contraire: car c'eft à celui qui fait la propofition, de la prouver; & à ceux à qui elle eft faite, de voir fi la preuve eft bonne.

La neuvième eſt, lorſque pour perſuader à quelqu'un de faire quelque action, on lui en cache les défauts & les incommoditez, & on en agrandit les avantages, ou bien on en ſuppoſé des faux: contre lequel ſophiſme il faudra mettre en uſage le principe 96, en examinant bien toutes les ſuites & les circonſtances de la choſe qu'on nous veut perſuader.

Il y a encore un ſophiſme fort commun à diverſes ſectes pour s'établir, qui eſt de faire voir que leurs adverſaires ſe ſont trompés. Ainſi les *Péripatéticiens* ont cru bien établir leur ſecte en montrant les erreurs de *Platon*, de *Parmenides*, &c. & les *Cartéſiens* la leur, en faiſant connoître les erreurs d'*Ariſtote*; car il ſe peut faire que toutes ces ſectes ſoient également pleines d'erreurs. C'eſt un ſemblable ſophiſme, quand pour ſe délivrer du ſoupçon d'un crime, on accuſe quelque autre de ce même crime.

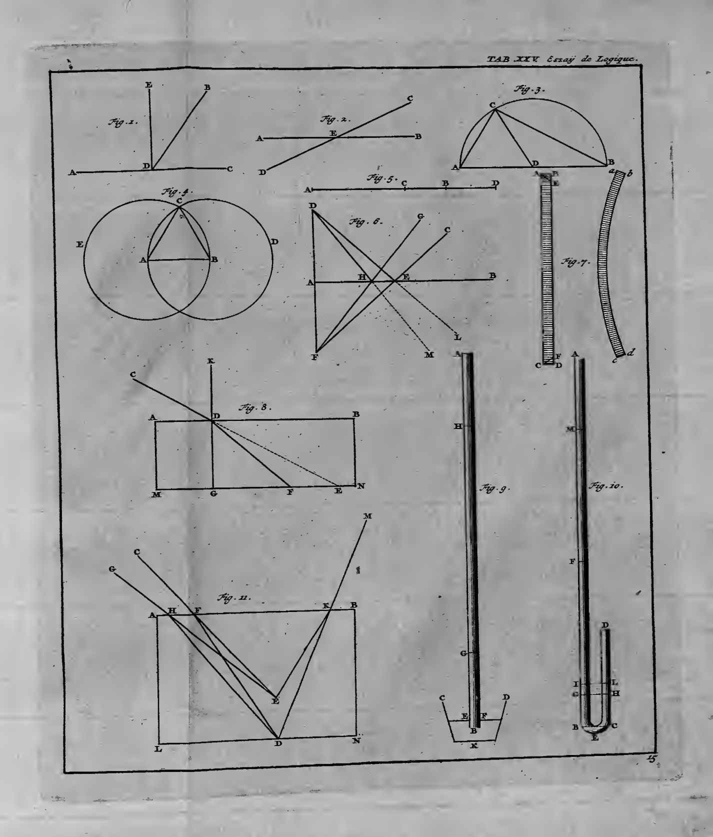
C'eſt auſſi une eſpéce de ſophiſme aſſez ordinaire pour détruire une propoſition véritable, de la tourner en raillerie. Pour repouſſer ce ſophiſme, il faut obliger ceux qui s'en ſervent, à prouver que la propoſition eſt ridicule, & leur ſoûtenir qu'il ne ſuffit pas de rire d'une propoſition pour prouver qu'elle eſt fauſſe. On fera de même à l'égard des actions qu'on fait pour choquer nos raiſonnemens, ou pour nous perſuader quelque fauſſeté: comme ſont les pleurs, les ſermens, la colére, la fuite, &c.

Il ſuffit quelquefois, pour faire voir le défaut d'un raiſonnement, d'en faire un ſemblable ſur un autre ſujet, dont la concluſion ſoit évidemment fauſſe: comme, ſi pour prouver que la Géométrie eſt inutile, quelqu'un diſoit qu'elle ne fait pas vivre plus long-tems; on lui pourroit dire que le pain par une ſemblable raiſon ſeroit inutile, parce qu'il n'empêche pas d'avoir froid.

Que ſi l'on veut repouſſer ſérieuſement ce reproche d'inutilé qu'on fait ſouvent à ceux qui propoſent quelques effets curieux de la nature, ou quelque choſe nouvelle dans les Mathématiques; on pourra donner pour exemple l'aiguille aimantée, dont la direction vers le Pole pouvoit paſſer au commencement pour un jeu d'enfant & pour une choſe fort inutile, & cependant elle eſt à preſent d'un uſage preſque néceſſaire pour les longues navigations.

Il faut prendre garde de ne s'étonner point d'une objection qu'on nous fait, qui n'eſt pas du ſujet dont on parle, & ne nous préjudicie en rien; & de ne ſe mettre point en peine de la refuter.

La plûpart des Logiciens mettent au rang des ſophiſmes, de donner une cauſe pour une autre. Ce n'eſt pas un ſophiſme, mais une erreur, de prendre une cauſe pour une autre; & le ſophiſme conſiſte en l'apparenee des poſſibilitez d'une fauſſe hypothèſe, ou en un faux raiſonnement, comme celui-ci: *Si la lune étoit la moitié lumineuſe, & qu'elle fît une révolution autour de ſon axe en un mois, elle nous paroîtroit* com-


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

comme elle fait; donc cette hypothèse est vraie, & c'est la véritable cause de ses diverses apparences.

Il se trouve quelquefois des sophismes très-difficiles à résoudre. En voici un exemple:

Trois hommes étant ensemble, deux d'entr'eux disent chacun un mensonge; & le troisième n'aiant point encore parlé, fait cette proposition: *Chacun de nous trois a dit un mensonge.* Si on dit que cette proposition est véritable, on objectera que puisque le dernier aura dit vrai, tous les trois n'auront pas menti: si on la dit fausse, on pourra soûtenir le contraire: car il s'ensuivra que tous les trois auront menti; & par conséquent que la proposition sera vraie. La plûpart des difficultez de cette nature procédent de ce que les propositions peuvent être considérées selon elles-mêmes, ou selon leurs objets; ce qu'il faut sçavoir distinguer pour en pouvoir donner la solution; car une proposition ne se doit pas regarder elle-même, mais un autre objet.

Il y a encore d'autres manières de sophismes; & les personnes qui ont quelque chose à démêler ensemble, en peuvent inventer plusieurs auxquels les Logiciens n'ont point donné de nom: il n'y aura pas beaucoup de difficulté à les connoître, puisqu'on pourra les réduire tous, ou aux fausses apparences, ou à la supposition de principe, ou au défaut de connexité.

Enfin, si on sçait bien se servir des principes contenus en la première Partie, particuliérement des 2, 3 & 4, & de la troisième demande; on pourra se défendre suffisamment de toutes les fausses preuves, & en refuter la plûpart avec assez de facilité.

FIN.



TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CES DIFFE'RENS TRAITEZ, COMME ELLES SE TROUVENT SELON L'ORDRE DE L'IMPRESSION.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS. 3

PREMIÈRE PARTIE.

Pro-

 les

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

SECONDE PARTIE. 57

Pro-

PREMIER ESSAI DE PHYSIQUE.

PREMIÈRE PARTIE.

SECONDE PARTIE.

DE LA VEGETATION DES PLANTES.

TROISIÈME PARTIE.

DES CAUSES DES VERTUS DES PLANTES.

SECOND ESSAI. DE LA NATURE DE L'AIR 148

Qu'il

TROISIÈME ESSAI. DU CHAUD ET DU FROID. 183

OU DISCOURS

Pour faire voir que le froid n'est qu'une privation ou une diminution de chaleur, & que la plûpart des lieux soûterrains sont plus chauds en Eté qu'en Hiver. 184

QUATRIÈME ESSAI. DE LA NATURE DES COULEURS. 195

PREMIÈRE PARTIE.

EXPLI-

EXPLICATIONS DES PRINCIPALES APPARENCES DE COULEURS CAUSE'ES PAR LA RE'FRACTION. 231

SECONDE PARTIE.

DES COULEURS QUI PAROISSENT A TRAVERS L'AIR PUR SUR LES CORPS LUMINEUX ET ILLUMINE'S. 282

Ré-

DU MOUVEMENT DES EAUX.

PREMIÈRE PARTIE.

DE PLUSIEURS PROPRIETEZ DES CORPS FLUIDES, DE L'ORIGINE DES FONTAINES, ET DES CAUSES DES VENTS. 326

I. DISCOURS.

SECONDE PARTIE.

DE L'ÉQUILIBRE DES CORPS FLUIDES. 356

De

TROISIÈME PARTIE.

DE LA MESURE DES EAUX COURANTES ET JAILLISSANTES. 411

QUATRIÈME PARTIE.

CINQUIÈME PARTIE.

DE LA CONDUITE DES EAUX, ET DE LA RESISTANCE DES TUYAUX. 454

I. DISCOURS.

II. DISCOURS.

III. DISCOURS.

RE'GLES POUR LES JETS D'EAU. 483

NOUVELLE DECOUVERTE TOUCHANT LA VUE,

SECONDE LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE A MONSIEUR PECQUET,

Pour montrer que la Choroïde est le principal Organe de la Vûë. 507

LETTRE DE MONSIEUR PERRAULT A MONSIEUR MARIOTTE. 517

RE'PONSE DE MONSIEUR MARIOTTE A LA LETTRE DE MONSIEUR PERRAULT. 522

TRAITÉ DU NIVELLEMENT, AVEC LA DESCRIPTION DE QUELQUES NIVEAUX nouvellement inventés.

TRAITÉ DU MOUVEMENT DES PENDULES. 557

EXPÉRIENCES TOUCHANT LES COULEURS ET LA CONGE'LATION DE L'EAU. 601

ESSAI DE LOGIQUE,

Contenant

Les Principes des Sciences, & la manière de s'en servir pour faire de bons raisonnemens. 609

PREMIÈRE PARTIE,

Contenant les premiers Principes des Sciences. 613

SECONDE PARTIE,

Contenant la Méthode qu'il faut suivre pour faire de bons raisonnemens. 630

FIN.

CATALOGUE
DES
LIVRES,
Imprimés
Chez JEAN NEAULME,
Et dont il a nombre d'Exemplaires.

ARchitecture de Vignole, par Daviler avec le Supplement, 3 *vol.* 4. *fig. Haye* 1730.
Anecdotes de la Cour de Ph. Auguste, 6 *vol.* 12. *Haye* 1739.
Burnet, Hist. d'Angleterre. 4 *tom.* 2 *vol.* 4. *fig. Haye* 1735.
——— Idem en *Grand Papier.*
——— Idem 6 *vol.* 12.
Bibliothéque de Campagne, ou Amusemens de l'Esprit & du Cœur. 10 *vol.* 12.
Boerhaave, Elementa Chymiæ. 3 *vol.* 4.
——— Opuscula Omnia. *Hagæ Com.* 1738.
Bibliotheca Botanica. 4. *sous presse.*
Ciceronis de Officiis cum Notis Græcii. 12.
——— Idem sine Notis. 12.
Causes Célébres & Intéressantes, par Pitaval. 8. *Haye* 1738. 13 *vol.*
Crèmentine, Reine de Sanga. 2 *vol.* 12. *fig. Haye* 1739.
Dictionarium Latino-Gallicum. 8.
Egaremens du Cœur & de l'Esprit. 3 *vol.* 12.
Erasmi Colloquia cum Notis Variorum. 8.
Etrennes Chrétiennes. 8.
Fabri, Thesaurus. *Fol.* 2 *vol.*
Græcæ Dialect. Studio Maittaire. 8.
Grammaire Françoise & Angloise, 8. par Rogissard. 2 *vol.* 8.
Histoire de la Reine de Navarre. 12. 4 *vol. Haye* 1739.
——— Secrette de Henri IV. 12.
——— du Ciel, par l'Auteur du Spectacle de la Nature, 2 *vol.* 12. *fig.*
——— Romaine de Tite Live, traduite en François par Mr. Guerin. *Haye* 1740. 12 *vol.* 12.
Hoffmanni Consultationes. 3 *vol.* 8.
Journées Amusantes, par Mad. Gomez. 8 *vol.* 12. *fig.*
Lommii ObservationesMedicinales. 8.
Lettres Pastorales de l'Evêque de Londres. 3 *Parties*, 8.
——— (Nouvelles) Persannes. 2 *vol.* 12.
Liturgie Anglicane. 12.
Mémoires Politiques, Amusans, & Satiriques de Brazi. 3 *vol.* 8. *fig.*

Mémoire

AVIS AU RELIEUR.

LE Relieur prendra garde que le papier qui est à côté des Figures, doit être conservé pour faire déborder les Figures hors du Livre. Il les faut placer dans l'ordre qui suit:

TAB. I. II. III. IV. IV*	Pag. 116	XX. XXI.	476
TAB. V. VI. VII. VIII. IX. X. XI. XII.	320	TAB. XXII. XXIII.	556
TAB. XIII. XIV. XV. XVI. XVII. XVIII. XIX.		TAB. XXIV.	600
		TAB. XXV.	700

BERIGT AAN DEN BOEK-BINDER.

DEn Boek-binder zy gewaarschout het papier ter zyde de Figuren niet af te snyden; maar zodanig in te setten, dat de Figuren buyten het Boek uytslaan. Deselve moeten geplaatst werden als hier boven vermeld staat.